

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**A IMPORTÂNCIA DO USO DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO NAS
OBRAS CIVIS DA VIA COSTEIRA DO ESTADO DO CEARÁ**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina
para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia.

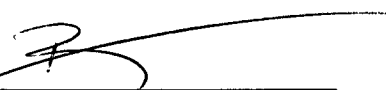
HILDA DE CASTRO PAMPLONA

Florianópolis, Dezembro de 1999.

HILDA DE CASTRO PAMPLONA

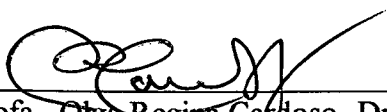
**A IMPORTÂNCIA DO USO DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO NAS
OBRAS CIVIS DA VIA COSTEIRA DO ESTADO DO CEARÁ**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia”, Especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.




Prof. Ricardo Miranda Barcia, PhD
Coordenador do Curso

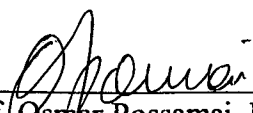
Banca Examinadora:



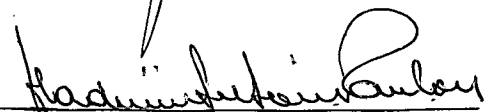
Profa. Olga Regina Cardoso- Dra.
Orientadora



Profa. Jane Iara Pereira da Costa - Msc
Co-orientadora



Prof. Osmar Possamai, Dr.



Prof. Vladimir Antônio Paulon, Dr.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, AFRODIZIO DURVAL GONDIM PAMPLONA e HOLANDINA DE CASTRO PAMPLONA, a quem agradeço por todo o apoio que me deram durante toda essa jornada. Ele é o pai de quem herdei o amor, a honestidade e, especialmente, a minha profissão.

Dedico também em especial ao meu amado marido, AUGUSTO. Este sim, esteve e compartilhou de todas as paginas, frases, palavras e até de cada letra desta pesquisa, com sua paciência e dedicação para com os nossos filhos Rafael e Gabriela, a quem também dedico com todo o carinho. Que um dia eles possam compreender meu esforço, minha ausência por sempre estar envolvida com os estudos, e enfim, reconhecer todo o processo desta grande realização, para poder entender a frase que quase todos os dias eles ouviam: filha(o) estou estudando... Foi difícil, mas enfim sei que foi muito recompensador.

AGRADECIMENTOS

Agradeço de todo o coração:

à querida professora Olga Regina Cardoso, que apostou e acreditou na minha capacidade. Com ela pude desenvolver e alcançar o meu objetivo;

a todos os professores de pós-graduação da Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, e, em especial, a professora Jane Iara Pereira da Costa, que também acreditou no meu desempenho, possibilitando este desafio para ampliar os meus conhecimentos;

a todos os meus colegas do Curso, em especial ao Rogério Mâsih e a Rafaela Figueiredo Fujita, que sempre compartilharam cada momento vivido durante este período da minha vida;

a professora Neide Veras e ao colega Alexandre Oliveira que tanto puderam contribuir para esta pesquisa ser concretizada;

em especial ao meu marido, Augusto e aos nossos filhos Gabriela e Rafael, que suportaram e compreenderam todos os momentos de minha ausência;

agradeço, também, a Deus, que com certeza sempre esteve do meu lado, ofertando tudo o que tenho hoje, como a vida, sabedoria, compreensão...;

à FUNCAP Fundação Cearense de Amparo a Pesquisa;

não poderia deixar de agradecer à Universidade Federal do Ceará e;

à Universidade Federal de Santa Catarina, que me deram essa oportunidade.

SUMÁRIO

SIGLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
LISTA DE QUADROS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv

CAPÍTULO I

1 – INTRODUÇÃO	15
1.1 - DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DA PESQUISA	16
1.2 - JUSTIFICATIVAS	18
1.3 - OBJETIVOS	20
1.3.1 - OBJETIVOS GERAL	20
1.3.2 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20

CAPÍTULO II

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1- TECNOLOGIA E MODERNIZAÇÃO DO CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL	21
2.2- CONCRETO	22
2.2.1 - EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CONCRETO	22
2.2.2- CONCEITO DO CONCRETO	24
2.2.3 - ESTRUTURA DO CONCRETO	25
2.3 - CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO (CAD)	26
2.3.1- EVOLUÇÃO DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO	26
2.3.2- DEFINIÇÃO DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO	27
2.3.3- CAMPO DE APLICAÇÃO DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO	28
2.3.4- MATERIAL CONSTITUINTES	33
2.3.4.1 Cimento	34
2.3.4.2 Agregados	34
2.3.4.2.1 Agregados miúdo	35
2.3.4.2.2 Agregado graúdo	35
2.3.4.3 Água	36
2.3.4.4 Aditivos	37
2.3.4.4.1 Definição	37
2.3.4.4.2 Classificação	38
2.3.4.4.2.1 Plastificantes	39
2.3.4.4.2.2 Superplastificantes	39
2.3.4.5 Adições minerais	40
2.3.4.5.1 Histórico da sílica ativa	40
2.3.4.5.2 Definição da sílica ativa	41
2.3.5 - PRODUÇÃO DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO	45

2.3.5.1 MISTURA	46
2.3.5.2 TRANSPORTE	46
2.3.5.3 LANÇAMENTO	47
2.3.5.4 ADENSAMENTO	47
2.3.5.5 CURA	47
2.3.6 - CONTROLE TECNOLÓGICO DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO	48
2.3.7 - PROPRIEDADES DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO	49
2.3.7.1 RESISTÊNCIA	49
2.3.7.2 COMPACIDADE	50
2.3.7.3 IMPERMEABILIDADE	50
2.3.7.4 DURABILIDADE	51
2.3.7.5 TRABALHABILIDADE	52
2.3.8 - VANTAGENS DO CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO	52
2.4 - CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS DO ESTADO DO CEARÁ	55
2.4.1 - CONSIDERAÇÕES GEOGRÁFICAS DO ESTADO DO CEARÁ	55
2.4.2 - CARACTERÍSTICAS ATMOSFÉRICAS DO ESTADO DO CEARÁ	56

CAPÍTULO III

3 – METODOLOGIA	59
3.1 - CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	59
3.2 - DEFINIÇÃO DA AMOSTRA DA PESQUISA	60
3.3 - MÉTODO DE COLETA DAS INFORMAÇÕES	60
3.3.1 - DESCRIÇÃO DA ENTREVISTA	62
3.3.2 - QUESTÕES NORTEADORAS	62
3.4 - DIFICULDADES NO LEVANTAMENTO DE CAMPO	63

CAPÍTULO IV

4 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	64
CARACTERÍSTICAS DOS ENTREVISTADOS	64
4.1 - EMPREENDIMENTOS QUE OPTARAM PELO CAD SUAS CARACTERÍSTICAS	64
4.1.1. PORTO DO PECÉM	64
Localização	65
Características do ambiente	66
4.1.2 PORTAL DO ATLÂNTICO	66
Localização	66
Características do ambiente	69
INFORMAÇÕES OBTIDAS ATRAVÉS DE ENTREVISTAS COM RESPONSÁVEIS DOS EMPREENDIMENTOS	69
a) Porto do Pecém	69
b) Portal do Atlântico	71
4.2 - EMPREENDIMENTOS QUE NÃO OPTARAM PELO CAD E SUAS CARACTERÍSTICAS	73
INFORMAÇÕES OBTIDAS ATRAVÉS DE ENTREVISTAS COM RESPONSÁVEIS DOS EMPREENDIMENTOS	74

a) EMPREENDIMENTO A	74
b) EMPREENDIMENTO B	75
c) EMPREENDIMENTO C	75
d) EMPREENDIMENTO D	76
e) EMPREENDIMENTO E	77

CAPÍTULO V

5 - ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES	78
-----------------------------	----

CAPÍTULO VI

6 – CONCLUSÃO	80
6.1 RECOMENDAÇÕES PARA O USO DO CAD	81
6.2 OUTRAS CONSIDERAÇÕES	82
6.2.1-CONTRIBUIÇÃO	82
6.2.2- RELEVÂNCIA	83
6.2.3- VIABILIDADE	83
6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	83

CAPÍTULO VII

7 - BIBLIOGRAFIA	85
7.1- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
7.2- BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR	94

ANEXOS	96
ANEXO I	96
ANEXO II	98

SIGLAS

A/C - Relação Água / Cimento

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland

ACI - American Concrete Institute

ASTEF - Associação Técnico Científica Engenheiro Paulo de Frontin

ASTM - Association Standart Technical Material

C3A - Aluminato Tricálcico

CAD - Concreto de Alto Desempenho

CAR - Concreto de Alta Resistência

CED - Concreto de Elevado Desempenho

COFECO - Colônia de Férias da Coelce

EB - Especificação Brasileira

Fck - Resistência característica

FUNCEME - Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

IAR - Incorporador de Ar

IBRACON - Instituto Brasileiro do Concreto

ICC - Indústria da Construção Civil

INPH - Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias

MPa - Mega Pascal

NBR - Norma Brasileira Registrada

NUTEC - Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará

PA - Plastificante Acelerador

PBQP - Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade

PR - Plastificante Retardador

RFFSA - Rede Ferroviária Federal S/A

SDV- Shot Down Valve(Dentro da subestação Petrobrás)

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial

SER II - Secretaria Executiva Regional II

SETECO-CE - Secretaria de Transporte Energia Comunicação e Obras – Ceará

SiO₂ - Óxido de Silício(sílica)

SP - Superplastificante

SPA - “ Acelerador

SPR - Superplastificante Retardador

LISTA DAS FIGURAS

- Figura 2.1 - Representação da zona de transição e da matriz da pasta de cimento do concreto (METHA, 1994)
- Figura 2.2 - Utilização de aço e CAR nos 100 edifícios mais alto do mundo ao longo dos anos (BEEDLE *apud* DAL MOLIN, 1995).
- Figura 2.3 - Centro Empresarial Nações Unidas, em São Paulo (MAIOR, 1999).
- Figura 2.4 - Edifício Suarez Trade, em Salvador.
- Figura 2.5 - Processo de produção do silício e de captação da sílica ativa.
- Figura 2.6 - Detalhe de um sistema de captação (à esquerda) onde conseqüentemente ocorre a eliminação do problema ambiental.
- Figura 2.7 - Vistas geral dos filtros de manga.
- Figura 2.8 - Ganho de área em função das dimensões menores nos pilares (DINIZ, 1997).
- Figura 2.9 - Ganho de área da garagem em função da menor quantidade de pilares (DINIZ, 1997).
- Figura 2.10 - As fundações são menores, devido o menor peso da estrutura (DINIZ, 1997).
- Figura 2.11 - Edifícios deteriorados na praia do futuro - Fortaleza.
- Figura 2.12 - Mapa de localização das quatro estações de corrosão atmosférica NUTEC, RFFSA, SDV, COFECO.
- Figura 2.13 - Estado em que se encontram alguns postes localizados na Praia do Futuro (1999).
- Figura 4.1 - Porto do Pecém (PAMPLONA, 1997).
- Figura 4.2 - Demonstração da maquete do Portal do Atlântico (O PONTO, 1999).
- Figura 4.3 - Detalhamento do Portal do Atlântico (ÍCONE, 1999).

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - Consumo de materiais para execução de um pavimento de concreto(DAL MOLIN,1995).

Tabela 2.2 - Edifícios executados com o concreto de alta resistência (DAL MOLIN, 1995).

Tabela 2.3 - Edifícios executados com o concreto de alto desempenho.

Tabela 2.4 - Valores médios dos agentes agressivos na cidade de Fortaleza, período de Agosto 1990 a Dezembro 1991.

Tabela 2.5 - Dados meteorológicos (média mensal) da cidade de Fortaleza. Período de Julho a Dez. 1991 (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, CORREIA *et al apud* FORTES).

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Demonstração dos característicos físicas da sílica ativa.

Quadro 2.2 - Obras realizadas com o CAD.

Quadro 4.1 - Características dos empreendimentos que optaram pelo CAD.

Quadro 4.2 - Características dos empreendimentos que não optaram pelo CAD.

RESUMO

O presente trabalho apresenta o processo de escolha de utilização do concreto de alto desempenho (CAD) em obras civis na via costeira do Estado do Ceará. A escolha do assunto foi pertinente por acreditar-se na importância da aplicação deste tipo de concreto em meio marítimo agressivo, como é o caso específico desta região. Esta pesquisa foi realizada por meio de um estudo multicaso e aplicada em dois empreendimentos que optaram pelo uso do CAD e cinco que não optaram por esta escolha. Buscou-se identificar a existência de estudos comparativos deste tipo de concreto e o concreto convencional, suas dificuldades de utilização, além de mostrar em que partes da estrutura se dá a sua aplicação. Pôde-se confirmar, através desta pesquisa, a teoria relacionada ao CAD baseada nas informações obtidas, em relação à prática de sua utilização. Mostrou-se, também, a partir da realidade do meio agressivo da região do Ceará, a importância de uma maior utilização deste concreto, para se ter uma vida útil mais longa das estruturas de concreto.

ABSTRACT

The present study shows the process of choice of the High Performance Concrete's utilization in the civil construction in the coast of the State of Ceará. The choice of the subject was pertinent because it was necessary to apply this type of concrete in an aggressive marine environment, as in this region. This research was made through a multi-case study. This study applied two enterprises that were chosen for the use of concrete and five enterprises that were not applied it. The identification about the existence of the comparative study for this kind of conventional concrete. In addition to their difficulty in utilization besides showing in what part of the structure is the application. It was also showed that from the reality of the aggressive environment in the region of Ceará that the importance of a great utilization of this concrete to increase the life of the concrete's structures.

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.

A indústria da construção civil tem como objetivo, a concretização de idéias expostas em projetos para a realização das obras de infra-estrutura que visem ao desempenho, crescimento e desenvolvimento dos demais setores produtivos.

Em se tratando do processo produtivo, HELENE (1992) informa que na construção civil podem existir quatro etapas: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes fora do canteiro de obras e a de execução da obra propriamente dita. Após o término da obra, segue-se a etapa de uso, que se caracteriza pelas atividades de operação e manutenção.

As empresas da indústria da construção civil, quanto ao tipo de produto final, dividem-se em três subsectores: edificações, construção pesada e montagem industrial. O subsector das edificações é representado pela construção de edifícios, realização de partes de obras ou serviços complementares do processo edificativo. Já o sub-setor de construção pesada tem como principais atividades a construção de infra-estrutura viária, urbana e industrial, obras de arte e de saneamento, barragens e hidroelétricas. Por fim, o sub-setor de montagem industrial envolve as atividades de montagem de estruturas para instalação de indústrias, de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, de sistemas de telecomunicações e sistemas de exploração de recursos (SENAI *apud* MELLO, 1995).

Historicamente, a indústria da construção civil tem se caracterizado pelo predomínio de uma tecnologia simples e de evolução lenta, resultado de inúmeros percalços apresentados pela comunidade relativos à eficiência e eficácia que envolvem todo o processo produtivo. Entre eles, pode-se destacar o uso intensivo de mão-de-obra de caráter temporário, operários com pouca ou nenhuma formação, influência de fatores climáticos, indústria essencialmente de produtos únicos e não seriados, entre outros fatores da mesma natureza.

Neste contexto, a Engenharia de Produção surge na construção civil como um instrumental científico e tecnológico com o objetivo de buscar a racionalização do processo produtivo por meio do melhor desenvolvimento da produtividade e qualidade do sistema. Essa atividade científica tem como finalidade, “a busca pela melhoria da atividades de organizações de produção, por meio da melhor adequação dos recursos disponíveis utilizados por essas organizações” (OLIVEIRA, 1998, p. 11).

Atualmente, a introdução dos conceitos da qualidade vem fixando uma nova cultura no meio empresarial, particularmente no setor da construção civil, encaminhando o país a uma nova fase de maior destaque das questões relacionadas à qualidade. Este fato confirma-se pela aplicação do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade - PBQP (REIS, SOUZA & MELHADO, 1997).

As empresas do setor da construção civil têm procurado estas melhorias em suas atividades com incorporação constante de qualidade e inovação dos seus produtos, bem como o gerenciamento dos processos produtivos, para que possam reduzir custos, diminuir o índice elevado de desperdício nos canteiros de obra e aumentar sua produtividade e competitividade.

Apesar dos inúmeros investimentos, tais como: capacitação dos recursos humanos, equipamentos de última geração, relativos a melhoria da qualidade da construção civil, dentre outros, sentiu-se a necessidade de averiguar um tema específico dentro da área de atuação deste setor. Trata-se do incremento do uso do Concreto de Alto Desempenho(CAD) nas obras civis, pois sendo este um produto de alta qualidade, torna-se importante sua oferta para a sociedade.

Para o desenvolvimento do estudo e da pesquisa deste trabalho foram levantados e serão apresentados na fundamentação teórica, os conceitos que contribuem para o tema. Serão também apresentado relatos das informações adquiridas junto as empresas construtoras que se utilizam do CAD.

1.1 Definição do problema da pesquisa

Nos últimos anos, com a racionalização do processo produtivo, a melhoria da qualidade dos materiais e o melhor conhecimento do comportamento das estruturas, a construção civil tem sido executada com estruturas de concreto armado cada vez mais esbeltas. Consoante ao que se lê em BRANDRÃO & PINHEIRO (1997), com o aumento da esbeltez das peças estruturais, podem aparecer problemas relativos à durabilidade das estruturas, tornando-se cada vez mais vulneráveis às influências ambientais em que se encontram.

O Estado do Ceará abrange uma faixa litorânea do Nordeste do Brasil, onde o meio é bastante agressivo. Segundo CORREIA *et al apud* FORTES (1995), essa agressividade atmosférica é predominantemente marítima. Esse alto índice de agressividade é devido a

velocidade e direção dos ventos, taxa de insolação e índice pluviométrico registrados acima da média (DIÓGENES, 1991). Este contexto, resulta na presença de um maior número de estruturas de concreto com uma menor vida útil, ou seja, o período de tempo durante o qual as estruturas de concreto se mantêm satisfatórias para o uso, atendendo as finalidades para as quais foram projetadas e sem ocorrer manutenção dispendiosa. De acordo com DUQUE (1996), a construção civil deve levar em conta as condições locais, pois a tecnologia tem como um dos fatores condicionantes o meio ambiente.

Considerando este preliminar é que se definiu o problema de estudo desta pesquisa: que fatores são adotados pelas empresas construtoras para utilização do concreto de alto desempenho em clima agressivo, de forma a minimizar os problemas de qualidade das estruturas de concreto?

Para a investigação desse objeto de estudo, optou-se como local apropriado a um trabalho inovador às características da problemática, as obras executados na via costeira do Estado do Ceará, onde existe um alto índice de agressividade marítima.

1.2 - JUSTIFICATIVAS

A indústria da construção civil (ICC) é uma das mais importantes no setor industrial, pois desempenha papel bastante representativo no complexo socioeconômico do Brasil. No aspecto social caracteriza-se como sendo um dos gêneros da indústria que mais emprega no País, correspondendo a cerca de 6% da mão-de-obra ocupada (MELLO, 1995). E a importância econômica reflete-se na intensa participação no cálculo do Produto Interno Bruto (PIB) do País. ARAÚJO (1999) afirma que a ICC é responsável por 14% do PIB do Brasil. Portanto, em princípio, justifica-se um maior atenção para este setor.

Com o mercado competitivo e a “globalização” do mundo contemporâneo, pode-se evidenciar a necessidade das organizações investirem em recursos que ofereçam ao cliente produtos com melhor qualidade. PALADINI (1995, p.17) lembra que “a qualidade deve ser gerada a partir do processo produtivo. Este é o primeiro e mais elementar princípio de produção da qualidade, para qual convergem os esforços de todos que se empenham em determinar formas adequadas para produzi-la”.

A busca do desenvolvimento tecnológico no setor da construção civil está associada à utilização de materiais com qualidade, que permitam aumento da durabilidade das estruturas e

que, ao mesmo tempo, sejam de fácil utilização (FIGUEIRÓ & GEYER, 1997). Em razão do crescimento no número de recuperação das estruturas, que é bastante onerosa e de execução difícil, os profissionais da área têm se conscientizado dos aspectos de durabilidade do material. Em se tratando da parte estrutural, onde geralmente representa uma parcela ponderável em relação ao custo total da obra, é fator relevante a melhoria na qualidade do material utilizado, para se obter retorno positivo no investimento.

Tem-se constatado que o desempenho das edificações de concreto no Brasil tem deixado a desejar e, freqüentemente, detecta-se a deterioração prematura das estruturas tanto de moradia quanto do poder público (HELENE, 1992). Portanto, as estruturas localizadas principalmente em regiões com características específicas necessitam ser executadas com produtos que atendam as exigências solicitadas pelo ambiente, minimizando, assim, problemas futuros de reparos em obras deterioradas precocemente pelo tempo.

Tendo em vista a existência de agentes agressivos em função da influência dos aspectos ambientais da região e o crescente número de obras verticais localizadas próximas ao litoral do Ceará, faz-se necessário um estudo da aplicação de materiais que se adequem a esta situação.

O concreto de alto desempenho (CAD) é o material bastante recomendado para esse tipo de situação, pois apresenta menores índices de vazios, em virtude da sua grande impermeabilidade, reduzindo as possibilidades ao ataque de agentes agressivos e consequentemente, tornando a vida útil das estruturas mais longa. Conforme PICCOLI, SILVA e TOMASELLI (1997), o CAD põe fim às inúmeras limitações dos concretos convencionais. Como exemplo, a sua maior resistência mecânica permite a redução da seção dos pilares, conseguindo-se mais espaço útil e também um menor peso próprio da estrutura. DINIZ, WESPER e AMARAL FILHO (1997) acrescenta outro fator importante o fato de que, como o CAD atinge resistências mecânicas precoces, haverá ganho de tempo durante a execução, pois as formas do concreto podem ser retiradas em menos tempo. Em concordância CARDOSO (1998) confirma que o CAD possui durabilidade e boa trabalhabilidade, proteção contra infiltrações, além da resistência.

Atualmente, mercê dos benefícios do CAD, podem ser viabilizados projetos de edifícios que atendam as necessidades e anseios da vida moderna, com espaços amplos e mais práticos, com bem mais conforto, menor custo e maior durabilidade (ISAIA, SARKIS & VAGHETTI, 1997).

Como relatado, o CAD apresenta inúmeras vantagens ou benefícios, conforme ressaltam os autores citados. Em decorrência desse fato, com intuito de minimizar a precoce deterioração das estruturas de concreto, é perfeitamente aceitável a investigação da utilização do concreto de alto desempenho nas estruturas de concreto no Ceará diante das suas características climáticas. Esta atitude prende-se ao fato de não só alertar os profissionais da construção civil, como também, se caso o CAD apresentar distorções, ser possível incrementar estudos, visando a apropriar esta tecnologia às condições ambientais cearense, com o objetivo de minimizar a precoce deterioração da estruturas.

1.3 - OBJETIVOS

Visando à operacionalização do objeto de estudo, a seguir, apresentam-se o objetivo geral e os objetivos específicos deste estudo.

1.3.1 Objetivo geral

Investigar, em empreendimentos do setor da construção civil, o processo de escolha do uso do concreto de alto desempenho na via costeira do Estado do Ceará.

1.3.2 Objetivos específicos

- identificar os motivos de escolha do CAD;
- relatar a execução de estudos comparativos entre o concreto convencional e o CAD.
- identificar se existem e quais são as dificuldades de utilização do CAD, com base da realidade regional do Ceará;
- levantar em que partes da estrutura o CAD é utilizado;
- verificar a receptividade dos profissionais da construção civil do Ceará e como concebem a utilização do CAD;
- avaliar os resultados obtidos por meio da pesquisa.

CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

É relevante para qualquer investigação o esclarecimento dos temas relacionados ao estudo da pesquisa. Os tópicos para este esclarecimento foram selecionados através de literatura, considerada clássica, de publicações atuais e pertinentes.

Acredita-se que neste capítulo estejam os principais conceitos que atendam os objetivos deste estudo, porém sabe-se que ainda há muito o que ser explorado a respeito deste assunto.

2.1 TECNOLOGIA E MODERNIZAÇÃO DO CONCRETO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A tecnologia do concreto no Brasil teve início em 1899, com a instalação do gabinete de resistência dos materiais, pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, a qual em 1934 passou a denominar-se Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (HELENE, 1992).

Empregar a tecnologia como modernização está cada vez mais presente no setor da indústria da construção civil. É notável que este setor encontre inúmeras dificuldades para acompanhar estas mudanças, pois trata-se de um setor de baixa produtividade, com elevado índice de desperdício, com mão-de-obra rotativa e quase sempre desqualificada, dentre outros inúmeros fatores.

Visando a transferência de tecnologias do setor, voltadas para a melhoria da qualidade dos produtos finais, para modernização tecnológica do processo e desenvolvimento de novas tendências, tem-se observado nos últimos anos maior interação das universidades, instituições, associações, construtoras e os demais colaboradores (SOUZA, 1990).

O grande avanço da ciência e da tecnologia, especialmente quanto a velocidade de sua divulgação, tem provocado importante evolução do conhecimento das técnicas de cálculo estrutural, comportamento mecânico dos materiais e crescimento de várias pesquisas laboratoriais. Tudo isso resulta em obras de concreto mais inovadoras e complexas que necessitam de novos e permanentes estudos (MARTINS, DAL MOLIN & FERNANDES-GOMEZ, 1997).

Nos últimos anos, a tecnologia dos materiais de construção tem evoluído, levando a um aumento das resistências dos materiais, principalmente do concreto. Isto é comprovado

com o crescimento do uso de resistências cada vez mais crescentes dos concretos, tornando possível a produção de concretos de melhor qualidade.

O concreto armado situa o Brasil numa posição de destaque mundial, quando se trata de execução de concretos convencionais, e as novas tecnologias estão surgindo, quer seja com os novos sistemas de produção, aparecimento de materiais mais resistentes oferecendo resistências mecânicas com parâmetros de durabilidade (LIBÓRIO *et al*, 1997).

2.2 CONCRETO

2.2.1 Evolução Histórica do Concreto

Os materiais de construção são tão importantes que a própria História, nos seus primórdios, foi dividida de acordo com o emprego do material que predominava. É o caso, por exemplo da Idade da Pedra ou Idade do Bronze (BAUER, 1994). Tanto a importância dos materiais quanto a sua existência comprovam através de estudos a sua evolução, resultando cada vez mais a sua maior utilização.

Antigamente, o homem utilizava os materiais como os encontrava na natureza. Com o passar dos tempos, começou a aprender a modelá-los e adaptá-los às suas necessidades. Com isso, passou-se a exigir materiais de maior resistência, maior durabilidade e melhor aparência do que aqueles empregados. Durante algum tempo, para se vencer vãos e cargas, usava-se a pedra. Porém, tornava-se necessário existir um material de fácil moldelagem, semelhante ao barro e resistente como a pedra. Dai surgiu o concreto. Após alguns aperfeiçoamentos apareceu o concreto armado para se vencer maiores vãos (BAUER, 1994).

No Brasil, pouco se conhece do início efetivo do concreto armado. Pode-se afirmar que o concreto armado é fruto da Revolução Industrial. Apresentava, no entanto, segundo VASCONCELOS (1985, p. 13) “uma mistura do uso de máquinas (betoneiras, vibradores, bombas lançadoras) com o tipo de execução artesanal das estruturas de alvenaria: preparo manual das formas e do escoramento, dobramento e amarração das armaduras, cura e desforma”.

Há alguns anos, a arquitetura usava o concreto apenas em edifícios retilíneos, ainda temendo o comportamento do “novo” material (NIEMEYER, 1998). “Atualmente com avanço da ciência dos materiais, da teoria das estruturas do concreto armado e dos processos de fabricação cada vez mais industrializados, os materiais chegaram a elevadas resistências mecânicas e as construções passaram a admitir um aumento considerável nas suas tensões de

serviço, dando origem a uma concepção de estruturas mais esbeltas e econômicas” (ANDRADE & DAL MOLIN, 1996, p. 217).

MEHTA e MONTEIRO *apud* DAFICO (1997), confirma que, apesar do concreto não ser nem tão resistente nem tão tenaz quanto o aço, existem motivos para ser o material mais largamente usado na engenharia, tais como:

- é material bastante resistente à água, podendo ser utilizado na construção de barragens, canais, tanques, pontes, túneis etc;
- pode receber armaduras de aço e outros materiais, aumentando suas propriedades mecânicas em função das necessidades da obra;
- possui moldagem de várias formas e tamanhos, oferecendo grande liberdade de projeto arquitetônico;
- material estrutural normalmente mais barato e de fácil disponibilidade no canteiro de obra;
- material estrutural que consome menor energia total durante sua fabricação, mesmo incluindo aí a energia para fabricação do cimento e extração e britagem dos agregados;
- pode receber uma quantidade considerável de restos industriais em substituição de parte do cimento ou agregados, amenizando os custos e contribuindo com a conservação do meio ambiente.

Conforme HELENE e OLIVEIRA (1990), o emprego do concreto na indústria da construção civil tem se caracterizado pelo crescimento significativo, graças à versatilidade, resistência e durabilidade deste material. O autor ainda informa que são de grande importância a perfeita opção arquitetônica e os efeitos estéticos alcançados nas estruturas de concreto aparente.

Atualmente projetos de edifícios de concreto, podem ser realizados atendendo ao encontro das necessidades e anseios de vida moderna, oferecendo espaços mais práticos, com mais conforto, de menor custo e maior durabilidade, enfim, melhor qualidade de vida dos usuários. Porém, MEHTA *apud* SANTOS (1997) acrescenta que a escolha dos materiais de construção deve atender aos enfoques da Engenharia, Economia, Energia e Ecologia, pois a sociedade está cada vez mais exigente, tanto com o desempenho dos materiais, como de suas interações com o meio ambiente, para que se tenham o mínimo de consumo energético e o menor impacto ecológico.

O futuro do concreto é extremamente promissor dada à sua capacidade de fornecer excelente durabilidade e propriedades mecânicas a um baixo custo, e a sua utilização também

gera significativos benefícios ecológicos ao incorporar resíduos de outras indústrias em sua produção, (MEHTA & MONTEIRO, 1994). As novas tecnologias têm permitido a construção de obras notáveis de concreto, onde pode-se afirmar que este material deu certo e continuará sendo usado por muito tempo, até que algum outro material o substitua com vantagens.

Segundo O CONCRETO (1999) neste século, o concreto armado foi o segundo material mais consumido pelo homem, somente perdendo para a água.

2.2.2 Conceito do concreto

O concreto é um dos materiais mais consumidos pelo homem, de fácil produção, boa durabilidade, de fácil obtenção, de formas variadas, com pequena exigência de manutenção caso esteja em condições normais de exposição, e por fim, de boa resistência à compressão (GEYER, GEYER & RECENA, 1998).

PETRUCCI (1968,p. 15) define o concreto como “ um material de construção constituído pela mistura de um aglomerante com um ou mais materiais inertes e água”, ou melhor, é a mistura de cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água. O aglomerado que se forma após o endurecimento da mistura possui várias características que o tornam um material ideal para construção de estruturas ou outros fins (SANTOS, 1997). Dada a sua importância, o concreto deve ser um dos materiais mais controlados dentro dos canteiros de obra, em razão o alto risco de acidente caso não atenda às exigências do cálculo estrutural, apesar de, na maioria das vezes nem ocorrer isso, uma vez que as empresas não estão preocupadas em adquirir materiais de boa qualidade.

Para a especificação dos materiais adequados, deve-se fazer um estudo prévio das solicitações de utilização, bem como as características de cada um destes. Em se tratando de suas características individuais, por exemplo, pode-se dizer que o cimento ao ser escolhido tem que atender tanto a necessidade de projeto quanto o ambiente em que a obra está inserida (NEVILLE, 1997). Quanto à qualidade do agregado, este deve ser constituído por grãos mecanicamente resistentes, duráveis, limpos com granulometria adequada, com boa forma e textura superficial que favoreça a aderência com a pasta (NUÑES *apud* SILVA, RIBAS SILVA & OLIVEIRA, 1998; NEVILLE, 1997). Portanto, a seleção dos materiais é bastante importante para que se tenha um concreto de boa qualidade. Este assunto será estudado com detalhes no item 2.3.4. desta pesquisa.

2.2.3 Estrutura do concreto

Os elementos graúdos da estruturas de um material podem ser vistos de duas formas: a olho nu, macroscopicamente ou com auxílio de um microscópio para a visualização dos materiais mais finos.

O concreto quando visto macroscopicamente, é constituído de duas fases bem definidas: o agregado e a matriz da pasta de cimento. Microscopicamente, encontra-se no concreto, além destas duas fases, uma outra terceira fase chamada de zona de transição, que está entre o agregado e a matriz (PAZ & PRUDÊNCIO, 1998), conforme Figura 2.1.

A zona de transição é geralmente a zona mais fraca do concreto, influenciando muito seu comportamento mecânico (MEHTA, 1994; RAMIRES, RUNGE e SILVA FILHO *apud* GEYER, GEYER & RECENA, 1993). No entanto, PICCOLI, SILVA E TOMASELLI (1997) afirmam que, nesta zona, o emprego de agregados graúdos de maior superfície específica pode melhorar a aderência pasta x agregado. Isto se explica em virtude do aumento da superfície de contato entre o agregado e a pasta de cimento.

Segundo NEVILLE (1997), a micro-estrutura da pasta de cimento hidratada na proximidade das partículas do agregado graúdo difere da micro-estrutura do restante da pasta de cimento, pois durante a mistura as partículas do cimento seco são incapazes de permanecer junto das partículas grandes do agregado, acarretando a presença de menos cimento para ser hidratado e para preencher os vazios iniciais. Portanto, a zona da interface ou zona de transição como as vezes é denominada, tem uma porosidade bem maior do que a pasta de cimento em locais mais afastados do agregado graúdo.

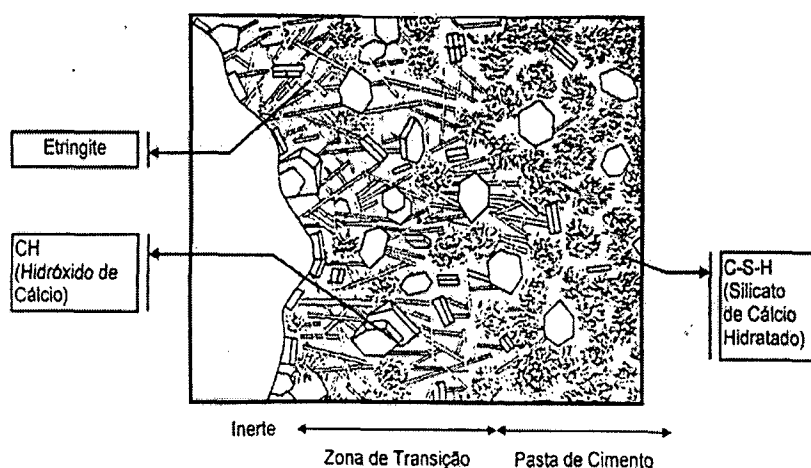


Figura 2.1 Representação da zona de transição e da matriz de pasta de cimento no concreto.
(MEHTA, 1994)

2.3 CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO(CAD)

2.3.1 Evolução do Concreto de Alto Desempenho

O concreto permaneceu por mais de um século como uma mistura de cimento, areia, pedra e água. Contudo, nas últimas décadas, as pesquisas têm produzido avanços consideráveis no desenvolvimento de adições que melhoram suas características. Esse avanço proporciona aumento da compactidade do concreto, obtido com a diminuição dos vazios, quer seja pela redução de água na mistura, quer seja pela introdução de materiais formados por grãos finos.

Os concretos assim produzidos foram inicialmente chamados de concreto de alta resistência, uma vez que foi exatamente essa a primeira característica a apresentar progressos espetaculares. Porém, o concreto de alto desempenho é uma evolução do concreto já utilizado, que começou a ser produzido a partir do aparecimento comercial de aditivos e de materiais de alta reatividade, como exemplo a sílica ativa (VASCONCELOS & RIBAS SILVA, 1997).

Na década de 80, o aparecimento de outros materiais, como a sílica ativa e superplastificantes, permitiu a redução da relação água/cimento, mantendo não só boa a trabalhabilidade e tornando o concreto mais resistente como também com maior impermeabilidade (CARNEIRO *et al*, 1997; PICCOLI, SILVA & TOMASELLI, 1997).

2.3.2 Definição do Concreto de Alto Desempenho

A denominação CAD é recente, sendo esta substituída da expressão Concreto de Alta Resistência (CAR), considerando que esta não é a única característica melhorada. Segundo CARNEIRO *et al* (1997), atualmente, aplica-se o conceito de concreto de alto desempenho para além do aumento da resistência mecânica, pois sua principal característica proporciona uma maior durabilidade. Para PICCOLI, SILVA e TOMASELLI (1997, p. 470) “a denominação concreto de alto desempenho é mais adequada do que concreto de alta resistência, pois este material, além de alta resistência, também tem elevada impermeabilidade e durabilidade”. ZIA *apud* SANCHEZ (1997, p. 470) detalha que:

“O CAD possui mais atributos que o CAR, pois o alto desempenho pode estar ligado à facilidade de concretagem, compactação sem segregação, propriedades

reológicas, resistência inicial, estabilidade de volume, condições de serviços em ambientes agressivos, etc, e não apenas a resistência a compressão.”

O concreto de alto desempenho, segundo ALMEIDA (1996) é também conhecido como concreto de elevado desempenho (CED). Durante a Reunião Anual de 1995 do Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON) ficou definido que tanto o CAD como o CED e CAR são aqueles tipos de concreto de resistência à compressão superior a 35MPa. Já para BACCIN e PINHEIRO (1997), os concretos de alto desempenho são considerados aqueles com valores acima à compressão de 40MPa.

MEHTA e MONTEIRO (1994) dizem que concretos com resistência características à compressão maiores do que 41MPa são considerados concretos de alta resistência. A norma brasileira NBR-8953/1992 classifica os concretos em dois grupos: classe I e classe II; os concretos de classe I são aqueles com resistências à compressão de 10 a 50MPa e os pertencentes à classe II são aqueles concretos com resistência à compressão maiores do que 55MPa, e menores que 80MPa.

NEVILLE MATTHEW (1997) e CARBONARI *et al* (1996) afirmam que o concreto de alto desempenho é obtido com agregados comuns de boa qualidade, cimento Portland comum (tipo I) ou as vezes com o tipo III, fumo de sílica (sílica ativa) e sempre um aditivo superplastificante. Os autores ainda acrescentam que o CAD é o concreto que tem uma resistência alta ou uma permeabilidade baixa.

Apesar de a expressão “concreto de alto desempenho” ser mais largamente usada, a aceitação desta expressão ainda não é geral, pois o próprio comitê do ACI 363 é ainda chamado de comitê do concreto de alta resistência (AİTCIN, 1997).

PAULON (1995) afirma que é possível fazer concreto de alta resistência, na ordem de 70MPa, com agregados e cimentos disponíveis no mercado, sem adição de sílica ativa.

Como pôde ser constatado, a expressão “concreto de alto desempenho” não possui uma só definição, podendo estar relacionada com as diferentes faixas de resistências (FERRARI, FLOR & CALIXTO, 1996). Os mesmos autores simplesmente concluem que os concretos de alto desempenho são aqueles que apresentam resistências à compressão uniaxial acima das usuais, em um dado local e época. Portanto, pode-se entender que CAD é aquele concreto que normalmente tem resistências maiores do que 50MPa, que pode também conter a sílica ativa e com o uso de um superplastificante. Para efeitos de estudo desta pesquisa, o CAD e o CAR serão abreviaturas usadas como sinônimas.

2.3.3 Campo de aplicação do concreto de alto desempenho

O concreto de alto desempenho é um material viável e tem sido utilizado com frequência em diversos tipos de estruturas, tanto em estruturas convencionais como, principalmente, em estruturas especiais, nas quais geralmente além das propriedades mecânicas solicitadas, requer uma durabilidade que garanta uma maior vida útil da estruturas (GOMES & CAVALCANTE, 1998).

Atualmente, concretos com resistência à compressão variando de 90MPa até 140MPa estão sendo aplicados com técnicas rotineiras em diversas obras como pontes, edifícios altos, obras marítimas (NEVILLE, 1997), pois, como suas principais característica, além da alta resistência à compressão, oferece menores dimensões das peças e *designs* mais arrojados, podendo ser explorado por calculistas e arquitetos.

A Figura 2.2 mostra a gradativa substituição do aço pelo concreto, dentro de uma amostra dos 100 maiores edifícios do mundo, baseado na publicação de BEEDLE *apud* DAL MOLIN (1995). SANCHEZ (1995) confirma esta substituição e afirma ser mais vantajoso economicamente para edifícios com mais de 30 pavimentos.

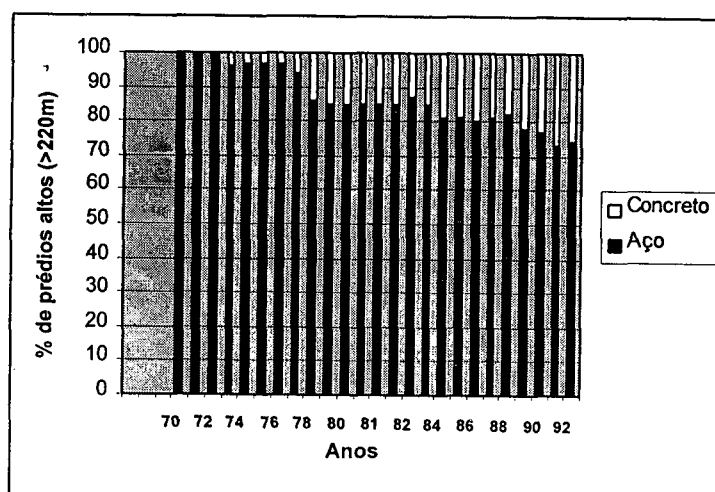


Figura 2.2 Utilização de aço e CAR nos 100 edifícios mais altos do mundo ao longo dos anos.(SPONHOLZ,1998)

Segundo SÁNCHEZ (1997) há 20 anos em New York, quase todos os prédios altos eram de estruturas metálicas, porém, hoje 25% são de concreto de alta resistência.

Constata-se que a aplicação do CAD, além de ocorrer em estruturas nos quais a durabilidade é o requisito principal, pode ocorrer também em edifícios altos, em estruturas

com concreto protendido, e premoldados (SILVA FILHO, 1996). O autor acrescenta que, como o CAD não é necessariamente de alta resistência, e sempre altamente durável, podendo ser utilizado em obras de recuperação de estruturas, principalmente naqueles sujeitas a ambiente agressivo.

TORRENT (1999) também afirma que o CAR oferece as soluções para estruturas que estão expostas a ambiente agressivos dadas sua relação A/C (água/cimento), baixa porosidade e permeabilidade.

Um estudo de viabilidade econômica foi realizado por DAL MOLIN e WOLF, *apud* DAL MOLIN (1995) considerando a realidade brasileira (Rio Grande do Sul). Este estudo econômico comparativo foi realizado entre a execução de um edifício em concreto de alta resistência ($F_{ck}=60\text{MPa}$) e o concreto convencional ($F_{ck}=21\text{MPa}$), no 3º pavimento de um edifício de 15 andares. Os resultados alcançados de consumo de concreto, armadura e formas estão relacionados na Tabela 2.1. Os autores consideraram o custo de cada material e de mão-de-obra, chegando à conclusão de que a redução foi de 12% da estrutura executada com o concreto alta resistência para a o concreto convencional, sem considerar o ganho de peso nas fundações, o ganho de área útil, tempo de execução e a maior durabilidade.

Tabela 2.1 *Consumo de materiais para execução de um pavimento de concreto(DAL MOLIN,1995)*

	Concreto (m3)			Armadura (kg)			Ferro (m2)		
	Fck 21	Fck 60	%	Fck 21	Fck 60	%	Fck 21	Fck 60	%
Pilares	13,2	6,8	-49	2981	1192	-60	137	93	-32
Vigas	14,9	12,1	-19	1623	1623	0	180	149	-17
Lajes	27,0	26,1	-3	994	994	0	281	281	0
Total	55,1	45,0	-18	5598	3809	-32	523	523	-12

Um estudo sobre patologia do concreto realizado por ANDRADE e DAL MOLIN *apud* GOMES (1998) comprovou que a corrosão de armaduras foi responsável pelo maior número de manifestações patológicas nas estruturas, e que a maior parte destas edificações se localizava na área salina, onde utilizavam concretos com F_{ck} entre 15 e 18MPa, apresentando alta porosidade, resultando na fácil penetração dos agentes agressivos. ALVES (1997, p. 398) destaca que “o CAD será um verdadeiro escudo impermeável para proteger a armadura e o

concreto remanescente, contra ataque de agentes externos”, oferecendo assim muitas vantagens no reparo das estruturas.

PEREIRA (1998) informa que o emprego do concreto de alto desempenho será exeqüível se puder ser moldado, aplicado, bem acabado e curado com eficiência.

Diversas obras foram executadas com o CAD, como apresentada a Tabela 2.2. Além destes exemplos, recentes obras construídas ou em construção no Brasil podem ser citadas na Tabela 2.3. Por exemplo, o edifício SUAREZ TRADE em Salvador, como mostra o Quadro 2.2. e atualmente a maior obra vertical é o edifício do CENTRO EMPRESARIAL NAÇÕES UNIDAS, em São Paulo (BOLETIM, 1999), de acordo com Figura 2.4.

Segundo VINCENTSEN (1999) o CAD tem sido usado nas paredes no segundo maior túnel da Europa (*The East Tunnel*) e para todas as estruturas da *West Bridge*, sendo esta a mais longa ponte combinada com rodovia e ferrovia da Europa.

O uso deste material com maior frequência ainda deixa a desejar para muitas regiões do Brasil. No entanto, de qualquer forma, em decorrência dos avanços tecnológicos do projetos estruturais, da excelente resistência à compressão e da boa durabilidade, tem ocorrido um crescimento maior para sua utilização, importante ressaltar este crescimento.



Figura 2.3 Edifício CENTRO EMPRESARIAL NAÇÕES UNIDAS, em São Paulo. (MAIOR, 1999)

Tabela 2.2 Edifícios executados com concreto de alta resistência, (DAL MOLIN, 1995)

Ref.	EDIFÍCIO	LOCAL	ANO	Nº Pav.	Resist. de Projeto (Mpa)	Resist. Média Obtida 28d (Mpa)	A(cra)	Consumo Cimento (Kg/m³)	Adições tipo e qtd (Kg/m³)	Aditivo tipo e qtd
(FIP/CEB, 1990)	Outer Drive East	Chicago	1962		41					
(FIP/CEB, 1990)	Lake Point Tower	Chicago	1965	70	52					
(FERRAZ, 1988)	Museu de Arte de São Paulo	São Paulo	1963		45	56,3	0,32	565	-	PR
(COLACO, 1985)	Texas Commerce Tower	Houston	1981	75	52	36	0,33	374	CV(25%)	P
(AITCIN e LAPLANTE, 1992)	Water Tower Place	Chicago	1975	79	62	65	0,35	505	CV(12%)	P
(AITCIN e LAPLANTE, 1992)	River Plaza	Chicago	1976	56	62*	65	0,35	505	CV(12%)	P
(FIP/CEB, 1990)	Chicago Mercantile Exchange	Chicago	1982	470	62**					
(DRAKE, 1985)	Columbia Center	Seattle	1983	76	66	68	0,25	384	CV(20%)	SP/P
(FIP/CEB, 1990)	Interfirst Plaza	Dallas	1983	72	69					
	900 N. Mich. Annex	Chicago	1986	15	97					
(PAGE, 1990)	311 South Wacker Drive Tower	Chicago	1989	79	83			272	MS	SP
(FIP/CEB, 1990)	Grand Arche de la Defense	Paris	1988		65	65,4	0,40	425	MS(7%)	SP
(AITCIN e LAPLANTE, 1992)	Two Union Square	Seattle	1989	58	115	119,0	0,20	513	MS(8%)	SP
(FIP/CEB, 1990)	Pacific First Center	Seattle	1989	44	115	115,0		534	CV(11%) MS(1%)	SP
	Gateway Tower	Seattle	1988	62	94					
(AITCIN e LAPLANTE, 1992)	Scotia Plaza Building	Toronto	1988		70	83,4	0,30	315	E(43%) MS(11%)	SP+P
(AITCIN e LAPLANTE, 1992)	One Wacker Place	Chicago	1990	100	80					
(DRAKE, 1985)	Skyline Tower Building	Seattle	1982	26	49	67,0 (56d)		288	CV(20%)	SP
(DRAKE, 1985)	World Trade Center	Seattle	1984		56					
(DRAKE, 1985)	Century Square Building	Seattle	1984	29	70			362		
(HERMAN e CAMERATO)	CENEC	São Paulo		18	60	76	0,28	523	MS(12%)	SP
(MORENO, 1990)	225 W. Wacker Drive	Chicago	1989	31	96***	111,0 (56d)			MS	
(BURNETT, 1991)	Melbourne Central Tower	Melbourne	1990	55	80	90,0	0,33		MS	SP
(VALOIS, 1994)	Suarez Trade	Salvador	1993	31	60	85,6	0,29	540	MS(11%)	SP+R
(ANDERSON, 1989)	First Republic Bank Plaza	Dallas	1986	72	69	77,0	0,35	354	CV(42%)	SP
(KECK e CASY, 1991)	One Peachtree Center	Atlanta	1991	-95	83	85,0	0,29		MS(8,7%)	SP+R



Figura 2.4 Edifício SUAREZ TRADE, em Salvador.

Tabela 2.3 – Exemplos de obras executadas com o CAD e algumas características

	OBRA	MPa (28 dias)	LOCAL	A/C
PHERLAN (1998)	Hibernia Gravity Base Plataform	69	Canadá	0,34
PHERLAN (1998)	Swiss Bank Parking Structure	35	USA	0,38
CONCRETO (1999)	Ponte do Canadá	60	Canadá	-
SILVA (1996)	Banco de Tokyo	76,5	Salvador	0,32
SILVA (1996)	Centro Empresarial Previporto	70	Salvador	0,32
MAIOR (1999)	Centro Empresarial Nações Unidas	50	São Paulo	-
CONCRETO (1999)	Ponte sobre o Rio Doce	35	Espírito Santo	0,45
AÍTICIN (1999)	Passarela Sherbrocke	25	Canadá	0,20

Em se tratando das partes da estrutura propriamente dita, existe mais vantagens na aplicação do CAD nos pilares, visto que permite um maior efeito no ganho de área útil nos pavimentos inferiores, térreo e garagem. Segundo SPONHOLZ (1998, p. 8) “esta vantagem aumenta com o aumento da altura do edifício.”

DE LARRARD (1994) complementa que cada vez que o CAD aparece para melhor atender as necessidades da indústria da construção civil, novos problemas e questões resultam na maior demanda da pesquisa sobre o assunto.

2.3.4 Materiais Constituintes

Os CAD com resistência à compressão acima de 40MPa, assim como os concretos correntes, requerem materiais constituintes de boa procedência e qualidade.

GUTIÉRREZ e CÁNOVAS (1996) afirmam que a seleção dos materiais constituintes do concreto é a primeira etapa a ser executada durante a produção do concreto e que devem ser realizados testes para avaliar a *performance* do material para obter concreto de alto desempenho, para que se possam enfocar a capacidade de alcançar a resistência máxima com a menor quantidade de água. Às vezes, o critério de aquisição dos materiais é o preço de mercado, e isto pode levar as empresas obterem materiais de baixa qualidade, contribuindo para o surgimento de problemas patológicos.

Como todos os materiais constituintes do concreto são de valiosa importância, existe a necessidade de se verificar rotineiramente o fornecimento dos agregados miúdo e graúdo, bem como armazenagem, transporte e uso adequado, para que não percam suas propriedades.

Por fim, conclui-se que para fabricação do CAD os materiais constituintes empregados exercem influências significativas no comportamento do concreto tanto em estado fresco quanto em estado endurecido (LIBÓRIO *et al*, 1997).

A seguir, serão identificadas algumas considerações a respeito de cada material utilizado para a produção do concreto de alto desempenho.

2.3.4.1 Cimento

A escolha do cimento para a produção do concreto de alto desempenho é fator importante, pois este é responsável pela resistência da pasta e também pela aderência do agregado-pasta (ALMEIDA, 1984).

Já HOWARD e LEATHAM (1989) comentam que não existem critérios científicos que indiquem o cimento mais adequado para a produção dos concretos de alta resistência, contanto que o cimento escolhido seja de acordo com o ACI 363 (1991), e que tenha menor variabilidade em termos de resistência à compressão.

Já Neville (1997) não recomenda o uso de qualquer cimento Portland com qualquer superplastificante, pois este pode não ser compatível. O importante é o estudo experimentais de compatibilidade do cimento com o aditivo.

2.3.4.2 Agregados

A seleção dos materiais para produção dos concretos de alto desempenho é de grande importância (MONTGOMERY & IRVINE, 1999) e deve ser baseada no atendimento das exigências mínimas às normas para os concretos convencionais (NBR 7211, 1993; NBR 12654, 1992). MEHTA *apud* PAZ e PRUDÊNCIO (1998) afirma que, quando se trata de tecnologia do concreto, não se deve tratar os agregados menos importantes do que o cimento.

Para a fabricação de concretos de alto desempenho, faz-se necessária a utilização de agregados resistentes, com o objetivo de melhorar a resistência à compressão dos concretos, resultando a estes uma melhor aderência, fortalecimento da ligação agregado-pasta, reduzindo-se o aparecimento de fissuras ao redor do agregado quando do seu endurecimento (AÍTCIN *apud* SILVA, RIBAS SILVA & OLIVEIRA, 1998).

NEVILLE (1997) acrescenta ainda que para produção do CAD o agregado deve ser escolhido com muito cuidado e ter tamanho máximo menor do que os dos concretos comuns, no máximo 10mm a 15mm, com objetivo de evitar tensões diferenciais na interface agregado-pasta de cimento, da qual pode resultar microfissuração. Já MEHTA e MONTEIRO (1994) afirmam que, ao se dosar concretos de alta resistência, normalmente deve-se limitar a dimensão máxima do agregado até 19mm.

É de grande importância uma atenção aos estudos dos agregados quando da sua seleção, pois estes representam de 60 a 80% do volume de concreto (SPONHOLZ, 1998; SÁNCHEZ, 1997). Assim devem ser detectados efeitos que possam prejudicar o concreto tanto em estado fresco como em estado endurecido.

2.3.4.2.1 Agregado miúdo

Como o CAD contém baixa quantidade de água, segundo o ACI 363(1991) o agregado miúdo de partículas arredondadas e textura lisa seria o tipo de areia mais adequado.

O CAD caracteriza-se pela baixa relação água/cimento e grande quantidade de finos (consumo de cimento elevado e as vezes a presença de sílica ativa). Então, recomenda-se o uso de menor quantidade possível de areia e/ou um módulo de finura maior. PAZ E PRUDÊNCIO (1998), NEVILLE MATTHEW (1997) e o ACI 363 (1991), indicam valores de módulo de finura na faixa de 2,7 a 3,2. Desta forma, pode-se garantir melhor resistência e boa trabalhabilidade.

2.3.4.2.2 Agregado graúdo

Para NEVILLE (1997), o agregado graúdo deve ter certas características, como: ser resistente, absolutamente limpo, ou seja, isento de pó ou argila, como também não deve conter sílica reativa e forma equidistancial.

A resistência à compressão do agregado deverá ser maior do que a classe da resistência que se deseja obter. Esta condição é necessária mas não suficiente (ALMEIDA *apud* SPONHOLZ, 1998; PICCOLI, SILVA, & TOMASELLI, 1997).

Em se tratando da granulometria, o CONCRETO,(1999) mostra que o mais adequado, é que se tenha dimensão máxima característica $D_{max} \leq 19\text{mm}$, pois reduz a influência desfavorável da zona de transição pasta/agregado e propicia concretos de resistência mais elevada ($F_{ck} > 80\text{MPa}$). SPONHOLZ (1998) relata que existem vários estudos mostrando o alcance de elevadas resistências com agregado graúdo de dimensão máxima variando entre 9,5 mm a 25mm.

Quanto à forma do agregado graúdo do CAD, esta não deve ser lamelar, pois necessita de um maior quantidade de areia, para preencher os espaços vazios e conseqüentemente maior quantidade de água, acarretando menor resistência (DÍAZ, 1998). Então, não se aconselha este tipo de agregado quando se deseja concretos com alta resistência. Já MEHTA e MONTEIRO (1994) dizem que a forma e a textura dos agregados influenciam mais as propriedades do concreto no estado fresco que no estado endurecido, quando se comparam as partículas lisas e arredondadas versus textura áspera, angulosa e alongados, que requerem mais pasta de cimento para produzir misturas trabalháveis, significando um aumento de custo do concreto.

Concretos produzidos com seixo rolado possuem menor resistência do que os concretos produzidos com brita de boa qualidade, apesar de oferecer uma melhor trabalhabilidade por ter superfície mais lisa (SÁNCHEZ, 1997). Assim, NEVILLE MATTHEW (1997) afirma que o seixo é satisfatório quanto à forma das partículas podendo ser usado em CAD, mais confirma que a aderência agregado-matriz pode não ser adequada em razão de sua superfície ser lisa.

Resumindo, ALMEIDA (1994) relata que, na produção de concreto de alta resistência, é condição necessária a utilização de agregados graúdos de elevada resistência à compressão, módulo de elasticidade maior ou igual ao da pasta de cimento, granulometria que minimize o consumo de água e/ou a concentração de tensões, forma e textura superficiais que melhorem a aderência com a pasta. Essas características vão depender da composição mineralógica da rocha matriz, do estado de exposição em que se encontrava antes de produzir o agregado e do tipo de operação e equipamentos utilizados para produção dos agregados.

2.3.4.3 Água

A água também tem grande importância no amassamento do concreto, pois não deve conter impurezas que possam vir a prejudicar as reações entre ela e os compostos de cimento. Segundo PETRUCCI (1968), é usual dizer que toda água que serve para beber pode ser utilizada na confecção de concretos. A recíproca, porém não é verdadeira, pois muitas águas utilizadas sem dano no concreto não podem ser ingeridas pelo homem.

Para cada composição de cimento e agregados, tem-se uma quantidade de água necessária para proporcionar determinado abatimento. A água também provoca efeitos contraditórios na qualidade do concreto. Quando se põe água a mais, pode-se talvez melhorar o concreto em termos de trabalhabilidade, o que é bom, porém geralmente piora em termos de estabilidade. Além disso, com o aumento da relação água/cimento e, conseqüentemente, da porosidade capilar, diminui-se a resistência mecânica e aumenta a permeabilidade. Portanto o abatimento deve ser o mínimo necessário para a mistura (DAFICO, 1997).

Então, a água de amassamento para execução do concreto mostra-se perfeitamente satisfatória caso esteja de acordo com as prescrições da NBR 6118 (1980) no item 8.1.3. É este o elemento fundamental na produção do concreto, capaz de iniciar as reações químicas com o cimento, molhar o agregado e permitir trabalhabilidade do concreto (SÁNCHEZ, 1997).

2.3.4.4 Aditivos

O emprego dos aditivos cresce de acordo com a necessidade de se obter bons resultados finais, nas argamassas e concretos, oferecendo notáveis melhorias tanto econômicas quanto técnicas. Conforme SPONHOLZ (1998), apesar dos aditivos nem sempre serem baratos, podem não acarretar aumento de custo, pois são capazes de oferecer economias, tais como: possibilidade de redução da quantidade do cimento, melhor durabilidade, maior trabalhabilidade, etc.

Os países que mais utilizam aditivos são: Japão, Alemanha e Estados Unidos, o que se confirma pelo fato de que 80% do concreto são aditivados (SPONHOLZ, 1998). Nas décadas 70 e 80, nesses países, foram realizados diversos estudos, resultando em um desenvolvimento de produtos com melhor *performace* acompanhados de normas que definem o seu comportamento. Entretanto, no Brasil, o maior crescimento no emprego de aditivos é com os do tipo superplastificante, que viabilizam o CAD, CAR e o concreto fluido.

Recomenda-se sempre fazer um estudo prévio do uso dos aditivos, tanto na dosagem, quanto em cada situação de aplicação, pois a natureza e a dosagem do cimento e dos materiais inertes, do processo construtivo e da temperatura ambiente são fatores relevantes, (BAUMGART, 1996). O autor ainda diz que, o concreto, uma vez feito, não pode ser melhorado, conseqüentemente, é mais fácil e econômico fazer um bom concreto do que depois repará-lo.

2.3.4.4.1 Definição

BAUER (1994) define aditivo como sendo substâncias que são adicionadas intencionalmente antes ou durante a mistura do concreto, com a finalidade de reforçar ou melhorar algumas de suas características. De acordo com a NBR 11768/EB-1763 (1992), aditivos são produtos que adicionados em pequena quantidade a concretos de cimento Portland modificam algumas de suas propriedades, com o objetivo de melhorar e adequá-las a certas condições. Atualmente, diversos autores dizem que o aditivo é considerado como o quarto material constituinte do concreto.

A seguir estão algumas finalidades importantes para as quais os aditivos são empregados, de acordo com o Comitê ACI 212 (1993):

- aumentar a trabalhabilidade do concreto sem aumentar o teor de água;
- reduzir a exudação e a segregação;
- retardar ou acelerar o tempo de pega;
- acelerar a velocidade de desenvolvimento da resistência nas primeiras idades;
- retardar a taxa de evolução de calor;
- aumentar a durabilidade em condições específicas de exposições;
- e aumentar a resistência aos ciclos de gelo e degelo.

2.3.4.4.2 Classificação

Os aditivos são classificados de acordo com as transformações que estes provocam nas propriedades do concreto fresco e/ou endurecido.

Segundo a NBR 11768/EB-1763 (1992), os aditivos para argamassas e concreto são classificados como seguem abaixo:

- tipo P - aditivo plastificantes;
- tipo R - aditivo retardadores;
- tipo A - aditivo aceleradores;
- tipo PR - aditivo plastificante retardador;
- tipo PA - aditivo plastificante acelerador;
- tipo IAR - aditivo incorporador de ar;
- tipo SP - aditivo superplastificante;
- tipo SPR - aditivo superplastificantes retardador;
- tipo SPA - aditivo superplastificantes acelerador.

Existem ainda outros tipos de classificações feitas tanto pelo ASTM C 494 (1992) como pelo ACI através do comitê 212, porém a classificação citada acima esclarece perfeitamente o entendimento desta pesquisa, onde os comentários serão apenas a respeito do aditivos plastificantes e superplastificantes, pois, no caso do concreto de alto desempenho, estes estão normalmente vinculados na sua utilização.

2.3.4.4.2.1 Plastificantes (tipo P)

Os aditivos plastificantes são produtos que aumentam o índice de consistência do concreto, mantendo a quantidade de água de amassamento e possibilitando a redução de, pelo

menos, 6% da quantidade de água de amassamento para produzir um concreto com uma certa consistência (NBR 11768/EB-1763, 1992).

De acordo com SPONHOLZ (1998) as finalidades destes aditivos são:

- diminuir a relação água/cimento, mantendo a trabalhabilidade desejada; e
- aumentar a trabalhabilidade com a mesma relação água/cimento

Os aditivos plastificantes influenciam na velocidade de hidratação do cimento, porém a natureza dos produtos de hidratação formados não é modificada, além de as vezes podem retardar a pega, ou possibilitar segregação e exudação (SPONHOLZ, 1998).

É de grande importância que se façam misturas experimentais com os materiais que serão utilizados na obra, para determinar a quantidade e o tipo de aditivo, com a finalidade de otimizar as propriedades do concreto.

2.3.4.4.2 Superplastificantes (tipo SP)

No final da década de 70, com o aparecimento dos aditivos superplastificantes no mercado, foi possível obter níveis elevados de resistências mecânicas e de impermeabilidade em concretos de boa trabalhabilidade (PICCOLI, SILVA & TOMASELLI, 1997; CARBONARI, 1996; MEHTA, 1994; SEBE & CALIXTO, 1999).

Os aditivos superplastificantes são chamados também de superfluidificantes. SPONHOLZ (1998) afirma que os superplastificantes podem ser denominados também de aditivos redutores de água de alta eficiência, porque reduzem a quantidade de água da mistura cerca de 12% ou mais, produzindo um concreto com uma determinada consistência.

Quando se adiciona sílica ativa no concreto, conseqüentemente, necessita-se de aditivos para manter a baixa relação água/cimento e a trabalhabilidade (NEVILLE, 1997 e ROLS *et. al.* 1999). Os autor afirmam ainda que durante a produção dos concretos de alto desempenho, a maior parte das partículas de cimento com baixa quantidade de água de amassamento necessita de alta dosagem de aditivos superplastificantes para deflocular e dispersar as partículas de cimento em suspensão; além de confirmar, ainda, que o uso do superplastificante é importante porque atua para dar ao concreto uma maior trabalhabilidade, e não recomenda o uso de qualquer aditivo superplastificante com qualquer tipo de cimento, pois o superplastificante deve ser compatível com o cimento a ser efetivamente usado.

PAULON (1995) ressalta que é imprescindível a utilização de aditivos superfluidificantes na obtenção de concretos de alta resistência.

Segundo PEREIRA (1997) a ação dos aditivos superplastificantes é igual a dos redutores de água, que tem efeito lubrificante, dispersor e reduz a tensão superficial da água proporcionada pela natureza tensoativa das moléculas dos aditivo.

2.3.4.5 Adições minerais

No CAD normalmente usa-se alto teor de cimento, então, os usuários têm constatado muitas fissuras térmicas em grandes peças estruturais. Para minimizar este fato, deve-se substituir parte do cimento por materiais pozolânicos, conseguindo assim baixo calor de hidratação e retração por secagem (NEVILLE, 1997). Em SPONHOLZ (1998) uma das propriedades das adições pozolânicas é um aumento da durabilidade e uma maior economia de custo e/ou energia.

DAL MOLIN (1995) relata que os tipos de adições minerais podem ser as pozolânicas, por exemplo, as cinzas volantes ou escória de alto forno, e as pozolânicas ultrafinas, como ocorre com a sílica ativa e a cinza de casca de arroz.

Sabe-se que existem variações nas propriedades físicas e químicas das adições minerais, podendo provocar mudanças significativas nas propriedades do concreto de alto desempenho, mesmo dentro dos limites especificados pelas normas. Então, devem ser realizados constantemente ensaios para detectar tais variações (SPONHOLZ, 1998).

Para este estudo destaca-se comentários apenas da sílica ativa, já que segundo DAL MOLIN (1995) esta tem-se mostrado mais efetiva quando se fala de aumento de resistência, pois além do efeito químico, atua também fisicamente densificando a matriz e a zona de transição do concreto.

2.3.4.5.1 Histórico da sílica ativa

No início da década de 60 foram realizadas na Noruega as primeiras pesquisas sobre o uso da sílica ativa no concreto (MALHOTRA *et al*, *apud* DAL MOLIN, 1995).

A partir da década de 70, começaram a se desenvolver estudos mais profundos desta aplicação na indústria do cimento Portland e no concreto, embora os primeiros usos desta, como material pozolânico, tenha sido no início da década de 50. Os USA e o Canadá já utilizam este material desde a década de 80 (SÁNCHEZ, 1997).

O empenho por estes estudos decorrem de vantagens potenciais de substituir parcialmente o cimento na mistura do concreto, resultando benefícios ecológicos e

econômicos (economia energética) durante a fabricação do cimento. METHA (1999) afirma que atualmente o interesse maior pela aplicação da sílica ativa é em concreto de altas resistências ou de grande durabilidade, pois este será o concreto do futuro.

Em 1984, no Brasil, o uso da sílica ativa foi primeiramente debatido durante o I SEMINÁRIO TECNOLÓGICO DA ELKEM MICROSSÍLICA (1984), e posteriormente no Rio durante o 8º. INTERNATIONAL CONGRESS ON THE CHEMISTRY OF CEMENT (1986), e até hoje se tem publicado alguns trabalhos científicos a respeito deste assunto (DAL MOLIN, 1995).

4.3.4.5.2 Definição da sílica ativa

A sílica ativa em vários outros locais do mundo é chamada também de sílica ativa ou fumo de sílica condensado, sendo esse um novo material pozolânico necessariamente presente na produção do CAR.

SPONHOLZ (1998,p.19-20) define a sílica ativa como sendo um novo material pozolânico, “subproduto obtido da produção de silício-metálico, ligas de ferro-silício ou outros produtos silicosos em fornos elétricos a arco”. O autor ainda descreve o processo de fabricação: o silício-metálico puro é produzido pela redução do quartzo com carvão natural a uma temperatura cerca de 2000°C, produzindo o monóxido de silício gasoso (SiO_2), do qual é transportado para a parte superior do forno (zona de temperaturas mais baixas) que, entrando em contato com o ar, se oxida, formando o dióxido de silício (SiO_2) condensando-se em forma de partículas esféricas.

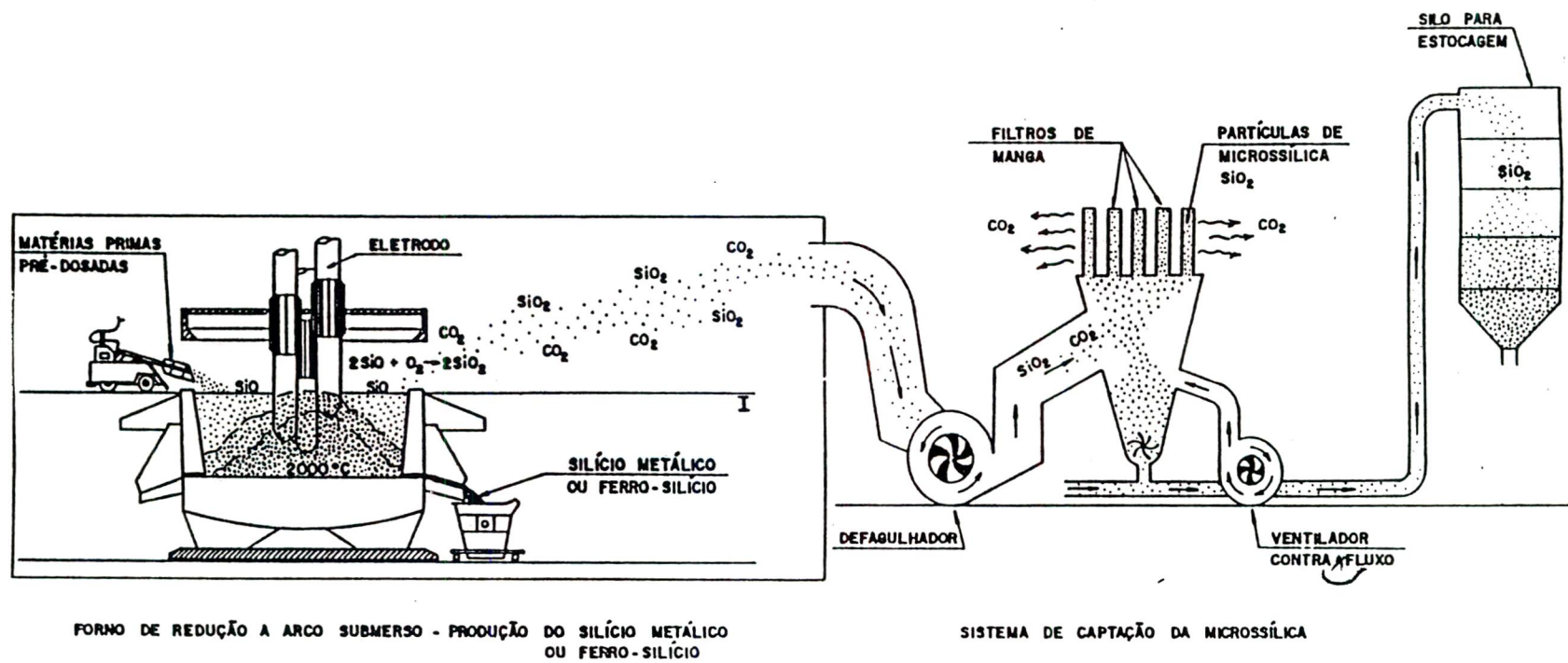
Segundo SANCHEZ (1997), a sílica ativa consiste de partículas extremamente pequenas de sílica amorfa de forma esférica e de diâmetro médio da ordem de 0.1μ (Quadro 2.1). Para se ter uma idéia, seu tamanho é 100 vezes menor do que o grão do cimento, com superfície específica de $20\text{m}^2/\text{g}$, e que devido essa enorme superfície específica o seu uso está sempre condicionado ao de superplastificante. O autor acrescenta que, por causa do seu tamanho, essas partículas penetram entre os grãos de cimento, diminuindo o espaço disponível da água tornando-o mais denso.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Formato do grão	Esférico
Superfície específica	20 m ² /g
Peso específico	0,2 g/m ³
Diâmetro médio do grão	0,10 µm a 0,20 µm

Quadro 2.1 Demonstração das características físicas da sílica ativa.

As Figuras 2.6, 2.6 e 2.7 mostram o processo de produção de silício e de captação da sílica ativa. A coleta do pó é realizada em filtros de tecido na forma de sacos, denominados de filtros de manga. Após o preenchimento dos filtros com as partículas da sílica ativa, é feita uma reversão do fluxo do ar com ventiladores contrafluxo, desprendendo o material dos filtros que finalmente é conduzido para os silos de estocagem.

Figura 2.5 Processo de Produção de silício e de captação da sílica ativa.



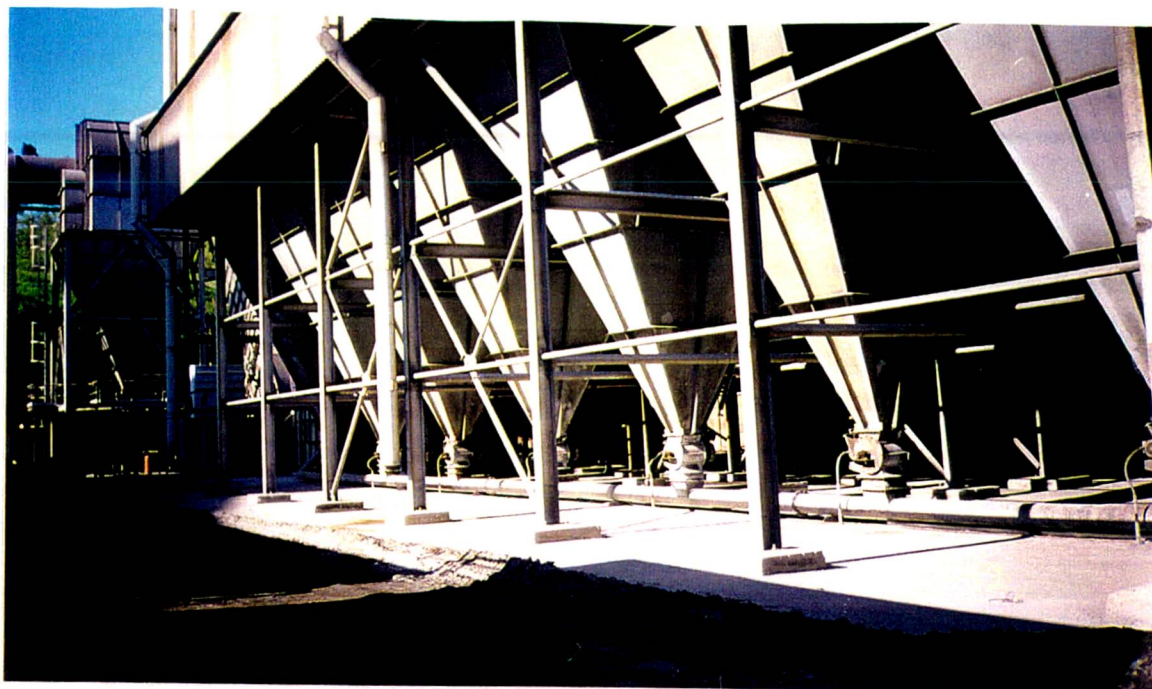


Figura 2.6. Detalhe de um sistema de captação instalado (à esquerda), onde conseqüentemente ocorre a eliminação do problema ambiental.



Figura 2.7. Vista geral dos filtros de manga.

Antes da produção da sílica ativa, este material era considerado material de refugo e de estocagem difícil, pois além de não se ter descoberto ainda sua utilização era um material volumoso demais por ser de baixo peso específico ($0,2\text{g/m}^3$). A quantidade de sílica ativa utilizada na produção do concreto de alto desempenho varia de 5 a 10% em massa total de cimento (450kg/m^3 a 550kg/m^3), dependendo da resistência e da trabalhabilidade exigida (NEVILLE, 1997).

O efeito de microfíler se baseia pela sua finura. Assim a sílica ativa penetra entre os grãos de cimento e diminui o espaço disponível para a água (CARBONARI, 1996). Portanto, KULAKOWSKI e DAL MOLIN (1993) complementam que, uma vez ocorrendo uma redução do tamanho dos poros, conseqüentemente, reduz-se a penetração de cloretos no concreto.

Com adição da sílica ativa consegue-se melhorar demais a compacidade do concreto, sendo pois indicado para diminuir a permeabilidade do concreto em meios ambientes que contêm íons, como a orla marítima (BARBOSA *et al* 1997).

A comercialização da sílica ativa está disponível no mercado das seguintes formas (DAL MOLIN, 1995; NAWY *apud*, SPONHOLZ, 1998):

- natural, sem nenhum tratamento depois da captação e filtragem;
- densificada, por meio da compactação das partículas com água, pré-misturada com cimento, com teores de 6,5 a 8% de sílica ativa sobre o cimento; micropelotizada, similar a densificada, mas é acrescida uma pequena quantidade de água para produzir aglomerações maiores.

JEFFERSON *et al* (1997) aconselham que a sílica ativa deve ser fornecida por apenas um fornecedor, e que suas propriedades devem ser rotineiramente objeto de avaliações, o mesmo devendo ocorrer com o comportamento sílica ativa x superplastificante.

2.3.5 Produção do Concreto de Alto Desempenho

ANDRADE e DAL MOLIN (1998) afirmam que a grande quantidade de danos que ocorre nas edificações podem ser minimizadas se houver um controle de qualidade efetivo durante o processo construtivo. Daí a importância de observar detalhes de cada etapa do processo: mistura, transporte, lançamento, adensamento e cura.

2.3.5.1 Mistura

“Antes de se fazer a mistura do concreto, a escolha dos materiais constituintes adequados e a determinação das suas proporções é o primeiro passo para a obtenção de um concreto que apresente a resistência especificada”(MEHTA,1994, p. 47).

A mistura do concreto de alto desempenho deve ser feita em caminhão betoneira (massa), pois existe um maior controle de produção durante a fase de medição dos materiais. Para se ter um produto de boa qualidade deve-se observar o ACI 363 (1991), do qual especifica o tipo de balança para cada material, a determinação da umidade do agregado miúdo, as condições climáticas, a sequência de colocação dos materiais, tempo da mistura e o tipo de misturador. Uma característica muito importante na fase de mistura do concreto é que se obtenha uma massa homogênea (ALMEIDA & SARTO, 1997).

NEVILLE (1997) acrescenta que no CAD é necessário um período de mistura mais longo, para assegurar a homogeneidade, pois, neste caso, é mais pegajosa. Recomenda o autor 90 segundos ou até maior tempo.

LIBÓRIO *et al* (1997) informam que, depois de alguns estudos de viabilidade técnica, concluiu-se que os materiais que compõem o concreto de alto desempenho, quando misturados no caminhão betoneira devem ser misturados no caminhão em duas etapas: na 1ª etapa, mistura-se parte da água de amassamento, agregados graúdos, agregados miúdos e o cimento; na 2ª. etapa, mistura-se o restante da água de amassamento e o aditivo superplastificante.

“Quando o tempo entre a mistura e o lançamento do concreto é relativamente curto, a perda rápida de abatimento pode não ser um problema”, METHA (1994,p. 401). Portanto, é importante lembrar que o bom funcionamento dos misturadores, pelo fato de o CAD freqüentemente possuir baixa relação água/cimento, deve ser uma constante preocupação de quem dirige a operação (PEREIRA, 1998).

2.3.5.2. Transporte

O concreto de alto desempenho pode ser transportado de várias maneiras, dependendo das condições de uso, dos constituintes da mistura, condições climáticas e tempo de entrega não se podendo esquecer principalmente, de que o tempo útil do aditivo retardador de pega e o período de trabalhabilidade do aditivo redutor de água (superplastificante) demoram em torno de 30 a 60 minutos, dependendo do tipo (SANCHEZ,1997).

2.3.5.3 Lançamento

O lançamento do CAD não tem grandes diferenças do concreto convencional, sendo este até mais fácil, pois, com a utilização do aditivo plastificante e da sílica ativa, oferece uma maior trabalhabilidade. O equipamento para o lançamento do concreto deve ser eficiente para lançar o concreto a maiores alturas, sem promover segregação dos materiais. Segundo MEHTA (1984), quando o tempo entre a mistura e o lançamento do concreto for pequeno, a perda rápida de abatimento pode não ser um problema de execução.

AMARAL FILHO(1998) afirma que no CAD não existe risco de segregação, mesmo com a ferragem densa, altura de lançamento ou vibração exagerada.

2.3.5.4 Adensamento

O ACI 363 (1991) aconselha a vibração interna ou de imersão, como sendo o melhor tipo para produção do CAD, pois esta é a maneira mais fácil de ser realizada, e que oferece bons resultados. O objetivo da vibração é forçar a saída do ar aprisionado no concreto, introduzindo o vibrador rápido na mistura e retirando lentamente, com movimentos curtos para baixo e para cima. Em geral, o CAD é muito trabalhável e de fácil adensamento devido ser mais flúido.

2.3.5.5 Cura

De acordo com MEHTA (1994), o termo cura do concreto significa promover a hidratação do cimento, compreendendo, desde o controle do tempo, temperatura e as condições ambientais logo após a colocação do concreto nas formas. O autor diz ainda que os dois objetivos da cura são impedir a perda precoce de água e controlar a temperatura do concreto até que este adquira a resistência desejada.

NEVILLE (1997,p. 8) diz que “o êxito no uso do concreto de alto desempenho está condicionado à observação de simples requisito quanto a cura”. Para os concretos de altas resistências faz-se necessário a cura por molhagem desde o mais cedo possível, de modo que o concreto fique permanentemente molhado. O autor acrescenta que a hidratação do CAD é bastante rápida e, se possível deve-se manter ininterruptamente com fornecimento de água para a cura. Finaliza, dizendo que numa cura bem feita, virtualmente não haverá retração

autógena, nem retração hidráulica. Então, não existe vantagem em usar materiais excelentes se não tiver sucesso no produto final.

A cura deve ser extremamente rigorosa e iniciada imediatamente após a concretagem, mantendo-se o concreto em ambiente saturado, e, ainda se possível, começar antes do início da pega do cimento, (AMARAL FILHO, 1998; CAMPOS & VEIGA 1997). De acordo com PEREIRA, (1998) aconselha que deve ser feita a cura num período de 07 a 14 dias.

NEVILLE e BROOKS *apud* DAL MOLIN (1995, p. 57) dizem “que a queda da resistência em concretos devido a uma cura inadequada é mais pronunciada em misturas mais ricas e chamam a atenção para a importância da cura nas primeiras idades em CAR”. Sabe-se que a cura do concreto resulta em variações na sua resistência à compressão.

Segundo KHALOO e KIM (1999) as propriedades mecânicas do concreto são influenciadas pelas condições de cura, e que necessita-se de um maior cuidado para que se possa conseguir resultado eficaz na estrutura.

2.3.6 Controle tecnológico do concreto de alto desempenho

“O controle tecnológico, tem a finalidade de monitorar o ciclo de produção desde o fornecimento da matéria-prima até a entrega da estrutura, através da coletas de dados que serão analisados através de relatório, identificando as causas e efeitos possíveis de variações do processo, de maneira a permitir na execução o cumprimento das especificações impostas pelo projeto” (ALMEIDA, 1997, p. 673-674). Esta fase envolve a realização de ensaios de abatimento do tronco de cone (*Slump test*) e o de resistência à compressão através da moldagem e ruptura dos corpos de provas cilíndricos.

No concreto de alto desempenho o controle tecnológico do concreto deve ser mais rigoroso, dada a presença do superplastificante, e as vezes da sílica ativa, pois estes são de custo bastante elevado em relação aos outros materiais constituintes do concreto (NEVILLE, 1997).

LIBÓRIO *et al* (1997) confirmam que a execução do CAD deve ser controlada de maneira eficaz, através de avaliações rotineiras e precisa do comportamento dos materiais e produtos com o objetivo de se alcançar o sinergismo preestabelecido.

Conforme SILVA, DAL MOLIN e FORMOSO (1997, p. 14), diz que “a incidência de processos de degradação pode estar vinculada não apenas à ação do meio natural e das solicitações a que os edifícios estão submetidos mas, também, relacionam-se ao baixo nível de controle de qualidade realizado durante o processo construtivo, incluindo as etapas de

projetos, especificações de materiais, seleção e recepção de materiais elaborados fora de canteiro, execução e uso.”

NEVILLE (1997) argumenta que, de um modo geral, a prática do CAD pode ensinar a se fazer concreto convencional de melhor qualidade. No Brasil, não é possível se falar de controle tecnológico do concreto sem a observação da NBR 12655(1996), que trata do preparo, controle e recebimento dos materiais. Para SWAMY *et al* (1999) o Brasil tem alguns dos melhores engenheiros do mundo; o que se deve fazer é dar mais ênfase ao desenvolvimento dos sistemas de controle da qualidade no processo construtivo.

2.3.7 Propriedades do CAD

A qualidade do concreto caracteriza-se pelas suas propriedades mecânicas e pela sua capacidade de resistir à abrasão (BACCIN & PINHEIRO, 1997).

AMARAL FILHO (1998) afirma que as propriedades do CAR mais importantes são;

1. baixa permeabilidade
2. alta resistência aos ataques de cloretos e sulfatos
3. alta resistência à abrasão
4. ótima aderência sobre o concreto velho
5. quase o dobro da aderência concreto-aço, em relação ao concreto de baixa resistência
6. alta resistência mecânica à baixa idade
7. baixa segregação, e
8. ausência de exudação.

Muitos outros autores classificam de diversas maneiras as propriedades do concreto, porém, para melhor esclarecimento desta pesquisa, serão estudadas as propriedades que, de acordo com DINIZ (1997), são mais importantes, quando aborda-se o tema CAD, como resistência, compacidade, impermeabilidade, durabilidade e trabalhabilidade.

2.3.7.1 Resistência

De acordo com MEHTA (1994), a resistência de um material é a capacidade de este resistir à tensão sem ruptura, ou melhor, a resistência está relacionada com a tensão requerida para provocar a fratura, sendo o sinônimo do que a tensão aplicada atinge no seu valor máximo.

Diante das outras propriedades, a resistência do concreto à ruptura é a mais fácil de ser ensaiada, através de ensaios de compressão uniaxial, realizada aos 28 dias de idade do concreto fabricado. O valor da resistência à compressão do concreto pode ser obtido pelo ensaio com corpos de prova de diferentes dimensões e formatos, isto depende da normalização vigente em cada país.

No Brasil, é adotado o cilindro com dimensões de 15x30cm. Para ensaios em concreto de alta resistência, adotam-se corpos de prova de menores dimensões de 10x20cm, em função do limite de capacidade da maioria das prensas.

DINIZ (1997) afirma que tem sido possível, nos últimos anos, produzir concretos de alta resistência normalmente. A maior resistência atingida até hoje foi de 120MPa, em 1988, em Seattle (USA) no edifício *Two Union Square*, e no Brasil, o edifício da sede da Eletropaulo, em São Paulo, com a resistência de 60MPa. Porém o mesmo autor diz que é possível trabalhar, em São Paulo, com concretos de até 100MPa de f_{ck} , com materiais existentes na região.

2.3.7.2 Compacidade

O concreto de alto desempenho é mais compacto do que os concretos convencionais, pois tem melhor estrutura granulométrica e menor porosidade decorrente da evaporação da água (DINIZ, 1997). E, ainda, além da estrutura mais compacta, a interface entre a matriz x agregado do CAD é mais resistente. Com a adição do superplastificantes, consegue-se reduzir a quantidade de água, que, permitindo a estrutura mais compacta, caracteriza maior impermeabilidade e conseqüentemente melhor desempenho.

A deterioração ocorre em função da porosidade, pois facilita a penetração dos agentes agressivos no concreto de cobrimento da armadura (REGATTIERI *et al*, 1993). Então, pode-se concluir que o concreto é mais “durável” quanto maior resistir à penetração dos agentes agressivos num maior espaço de tempo.

2.3.7.3 Impermeabilidade

DINIZ (1997) diz que o concreto de alto desempenho é muito impermeável que o concreto comum, como conseqüência de sua maior compacidade. Na realidade, o autor explica que, enquanto a porosidade de um concreto comum está cerca de 25 a 30% de seu volume, no concreto de alto desempenho sua porosidade é muito baixa, em torno de 5%. No

entanto, a impermeabilidade decorre de uma cura muito mais bem feita. Este fato é importante nos concretos de alto desempenho, uma vez que a relação água/cimento é muito baixa. Assim, essa propriedade tem levado a aplicação do CAD para obras do tipo subsolos, obras marítimas, caixa d'água etc. Ainda conclui que, quanto mais fechada a estrutura do concreto, maior essa compacidade e a impermeabilidade.

De acordo com NEVILLE (1997) a importância do uso do CAD é para se obter impermeabilidade, e isso ocorre essencialmente em condições de exposição onde existe perigo de penetração de agentes agressivos, como cloretos, sulfatos e outros.

2.3.7.4 Durabilidade

Para NEVILLE (1997), durabilidade é quando existe baixa permeabilidade do concreto do cobrimento da armadura, e conseqüentemente, proteção do aço contra a corrosão.

Segundo REGATTIERI *et al* (1993), a durabilidade do concreto é função de algumas etapas, desde a concepção e projeto das estruturas, passando pela escolha dos materiais constituintes e a qualidade durante o processo de execução, até o seu uso e manutenção.

De acordo com a Norma 6168(1980) no item 8.2.2, que trata da durabilidade, quando o concreto for usado em ambiente reconhecidamente agressivo deverão ser tomados cuidados especiais em relação à escolha dos materiais a serem utilizados, respeitando-se o mínimo consumo de cimento e o máximo valor da relação água cimento compatíveis.

O concreto tem boa durabilidade se produzido com cuidado com a adequada manutenção, em boas condições de exposição, com versatilidade na obtenção de peças de diversas formas, com a resistência à compressão exigida pelo projeto (GEYER, GEYER & RECENA, 1998). Apesar disso, há que se ter alguns cuidados quanto a porosidade e a permeabilidade do concreto, que pode contribuir para o ataque de agentes agressivos.

O CAD é muito mais durável do que o concreto comum, por ser mais compacto, ou seja, tem menor porosidade. Essa propriedade é uma conseqüência de uma menor quantidade de água não empregada na hidratação do cimento e também por conter menos fissuras (DINIZ, 1997). O autor ainda diz que a manutenção desses concretos é muito mais custosa, e sua aplicação deve ser mais indicada para obras em que o concreto seja aparente, naquela em que o concreto se encontram em ambientes agressivos de origem industrial, ambientes marítimos, ou locais com chuvas ácidas.

O problema da durabilidade do concreto tem aparecido nos últimos anos, em virtude de a modernidade ter levado à construção de estruturas cada vez mais esbeltas e até algumas vezes sem revestimento (BARBOSA, SANTOS & SILVA, 1997).

2.3.7.5 Trabalhabilidade

Com adição de superplastificantes, este concreto torna-se mais trabalhável apesar da relação água/cimento ser da ordem de 0,3, e sabe-se que, além do superplastificante é usado com frequência o plastificante. DINIZ (1997) diz que um corpo de prova de concreto comum apresenta no *slump-test* um abatimento de 20mm enquanto o mesmo concreto com adição de superplastificante apresenta um abatimento superior.

2.3.8 Vantagens do Concreto de Alto Desempenho

Para SWAMY *et al* (1999), a execução de estruturas duráveis, além de ser uma premissa técnica, é necessária para o desenvolvimento sustentável aos países que estão construindo moradia, transporte e saneamento.

Os edifícios executados com concreto de alto desempenho apresentam muitas vantagens, tanto durante a execução como no seu uso e sua manutenção. A seguir estão citadas algumas dessa vantagens (DINIZ, 1997):

- maior trabalhabilidade e maior facilidade de compactação;
- menor volume de concreto;
- menor superfície de formas;
- menor taxas de aço;
- rapidez de desforma (ganho de tempo);
- menos reparos e tratamentos superficiais;
- mais esbeltez das colunas e maior área útil dos pavimentos;
- maior leveza da estrutura e redução de cargas nas fundações;
- melhor aspecto para o concreto aparente;
- menos manutenção;
- e maior vida útil.

Por ter elevada resistência, em virtude da utilização das adições e dos aditivos, o volume total de concreto de alto desempenho construído é menor, principalmente nos pilares (Figura 2.8), compensando eventuais diferenças no custo do metro cúbico do concreto, sendo

este mais caro, porém a estrutura como um todo, quando executada com o concreto de alto desempenho, tem custo inferior ou, no máximo, igual à estrutura executada com concreto comum (DINIZ, 1997). Este custo também é reduzido em função de um menor consumo de aço, menor área de formas e de uma maior rapidez na desforma.

LIMA (1997) confirma que o uso do CAD se constitui em tendência irreversível, mercê das vantagens que apresenta em relação aos concretos de resistência classe I, principalmente na região dos pilares, pois as áreas das seções transversais podem ser reduzidas.

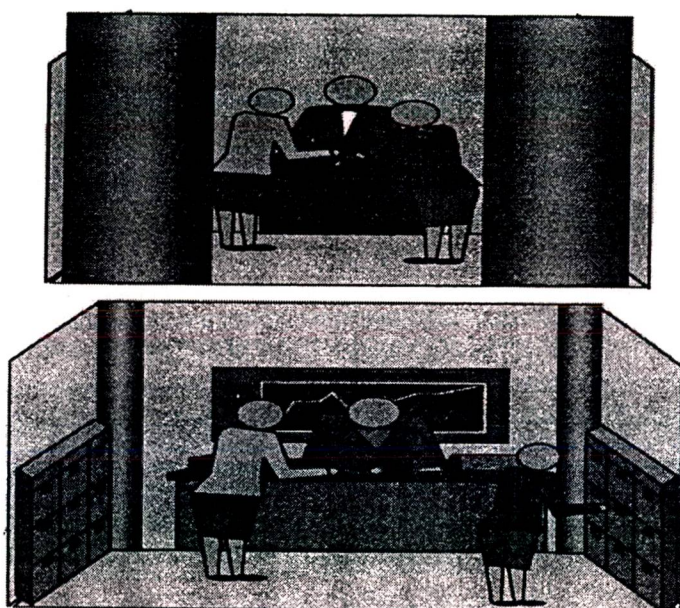


Figura 2.8. Ganho de área em função das dimensões menores dos pilares (DINIZ, 1997).

O autor do trabalho supracitado na Figura 2.8 também afirma que as fundações das estruturas com o CAD são mais econômicas, uma vez que o peso da estrutura é menor (Figura 2.10), e que os vãos são maiores, em consequência da redução da quantidade e seção dos pilares, oferecendo um ganho maior na área útil na garagem (Figura 2.9).

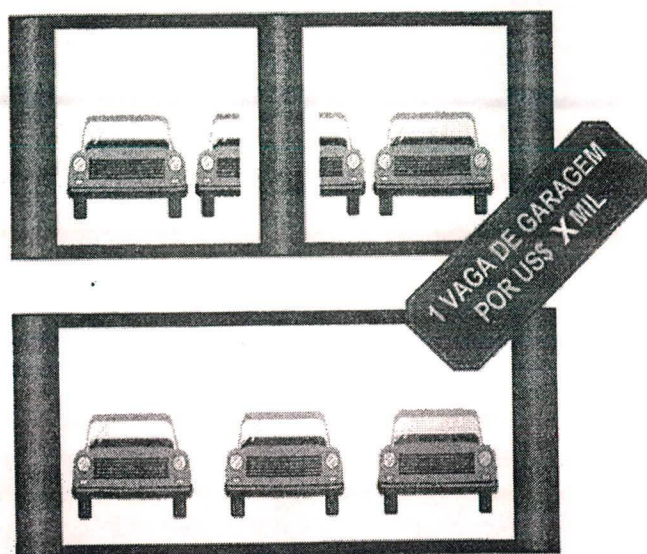


Figura 2.9. Ganho de área da garagem em função da menor quantidade de pilares.(DINIZ, 1997)



Figura 2.10 As fundações são menores devido o menor peso da estrutura.(DINIZ, 1997)

Além dessas vantagens ora citadas, DAL MOLIN (1995) diz que o CAD possui elevada resistência ao desgaste ou abrasão, baixas deformações e principalmente benefícios ecológicos, energéticos e econômicos, por utilizar resíduos industriais (sílica ativa, por exemplo) e também pelo fato de poder usar materiais disponíveis praticamente de qualquer região local.

2.4 Condições Atmosféricas do Estado do Ceará

É fundamental a identificação das condições atmosféricas em que se encontra o concreto, de maneira que possam ser caracterizados os agentes agressivos.

A região Nordeste do Brasil é uma área muito prejudicial à durabilidade e vida útil das estruturas de concreto armado. O fator que mais contribui para tal fato ocorrer é a elevada agressividade ambiental, uma das características regionais. A maioria das capitais dos Estados compreendidos nesta região está localizada na orla marítima, onde a agressividade atmosférica, a presença de elevadas temperaturas médias, aliadas ao elevado teor de umidade resultam num local propício ao desenvolvimento de um grande número de obras deterioradas (ANDRADE & DAL MOLIN, 1998).

2.4.1 Considerações geográficas do Estado do Ceará

O Estado do Ceará está inserido numa enorme extensão territorial da Região Nordeste do Brasil (1.540.827 km²). Segundo MONTENEGRO (1996) a posição geográfica é:

- Linhas Extremas:

Latitude Sul : Extremo Norte : 2° 46' (Ponta de Jericoacoara)

Extremo Sul : 7° 52' (Br -166 - Penaforte)

Longitude W: GR : Extremo Leste : 37° 14' (Praia de Manibú - Tibáu - Icapuí)

Extremo Oeste: 41° 24' (área de Litígio CE/PI-Serra da Ibiapaba)

- Distância entre as Linhas Extremas:

Distância Angular : Direção N-S: 5° 05'

Direção E-O: 5° 09'

Distância Linear : Direção N-S: 463 km

Direção E-O: 564 km

- Extensão Litorânea : 573 Km ou 2,48% do litoral Brasileiro

- Área Total do Estado : 148. 016 Km² (com massa de água)

2.4.2. Características atmosféricas do Estado do Ceará

Segundo PAMPLONA e LEAL (1991) o mar da via costeira do Ceará tem uma salinidade bem acima da média (20° /oo de cloretos e quantidade significativa de sódio, magnésio, cálcio e potássio) devido o índice de evaporação ser maior que o pluviométrico e a proximidade do Equador. Isso se dá devido os fortes e constantes ventos que levam a água pulverizada por vários quilômetros, principalmente no litoral leste quando a direção do vento é normal à costa. Com isso, a água do mar de Fortaleza, é pulverizada na hora da arrebentação. Os autores acrescentam ainda que vários fatores contribuem para o grande número de estruturas de concreto de pouca durabilidade (Figura 2.11), tais como:

- o não cumprimento as especificações da Norma Brasileira quanto ao cobrimento e relação água/cimento;
- a utilização de areia com poucos finos (produzindo concretos impermeáveis);
- o aço e os materiais constituintes do concreto geralmente expostos à maresia; e
- juntas de concretagens indevidamente preparados.



Figura 2.11 Estruturas deteriorados na praia do Futuro - Fortaleza

Portanto, os autores recomendam um acompanhamento das técnicas e resultados para a formação de uma memória do Ceará.

Segundo FORTES (1995), até 1992, não existiam estudos que comprovassem cientificamente tal fato, então a Universidade Federal do Ceará (UFC) e a Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC) realizaram um trabalho onde se constatava a agressividade da cidade de Fortaleza, colocando quatro estações de corrosão atmosférica como representado na Figura 2.12. Na Tabela 2.4 encontra-se os resultados do monitoramento dos teores de cloreto, sulfato e partículas sedimentares, obtidos nesta experiência.

Tabela 2.4 *Valores médios dos agentes agressivos na cidade de Fortaleza, no período de Agosto/1990 à Novembro/1991.*

ESTAÇÃO (nome)	CLORETO (mg/m ² dia)	SULFATOS (mg/cm ² dia)	PARTÍCULAS SEDIMENTAVEIS (g/m ² mês)
COFECO	3.502	-	6,30
SDV	1.832	0,706	5,73
RFFSA	23,6	0,047	0,63
NUTEC	31,5	0,030	0,25

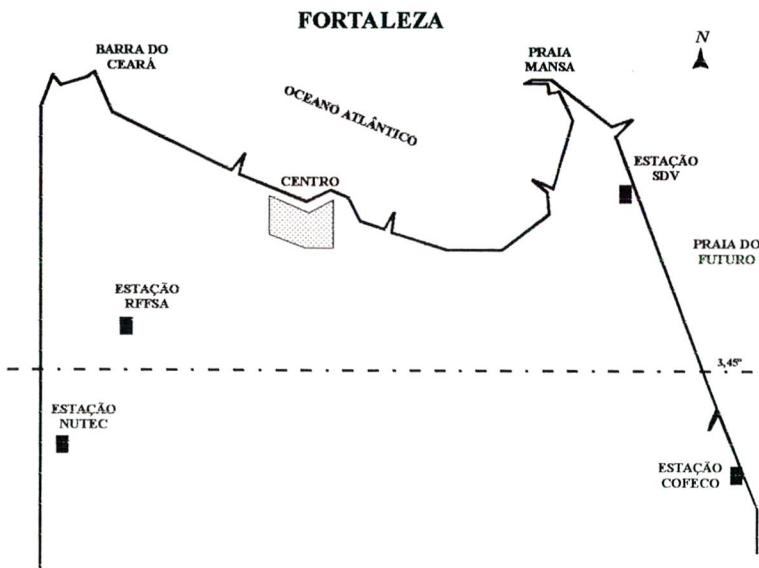


Figura 2.12. Mapa de localização das quatro estações de corrosão atmosférica NUTEC, RFFSA, SDV e COFECO.

CORREIA *et al apud*, FORTES(1995) afirma que após este estudo constatou-se que a agressividade atmosférica da cidade de Fortaleza é predominantemente marítima e que no período de fevereiro a abril, de maior precipitação pluviométrica, o teor desses poluentes sofre redução, como mostra a Tabela 2.5.

Tabela 2.5 Dados meteorológicos (média mensal) da cidade de Fortaleza. Período Jul.1990 a Dez. 1991 (Fundação Cearense de Meteorologia - FUNCEME, segundo CORREIA et al apud FORTES).

MÊS	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)	PRECEPÇÃO (mm)
Jul./90	26,8	74	89.6
Ago./90	27,0	70	13.8
Set./90	27,2	70	34.7
Out./90	27,3	71	25.5
Nov./90	27,7	71	19.6
Dez./90	27,6	72	16.6
Jan./91	28,1	73	16.5
Fev./91	27,4	77	252.4
Mar./91	26,7	82	449.4
Abr./91	26,8	82	461.3
Mai./91	27,0	79	216.1
Jun./91	27,1	74	69.5
Jul./91	26,7	71	8.7
Ago./91	26,3	67	14.9
Set./91	26,8	70	2.2
Out./91	26,9	70	50.0
Nov./91	27,4	70	2.7
Dez./91	27,8	70	5.0

Segundo DIÓGENES (1991), afirma que a corrosão marinha ou maresia, como é conhecido popularmente este fenômeno, é uma força invisível, incontrolável e devastadora

que ataca a Praia do Futuro, em Fortaleza. O Autor afirma outrassim que, o nível de oxidação é tão alto nesse trecho da costa do Ceará que só perde para o Mar Morto, na fronteira de Israel com a Jordânia, no Oriente Médio, e que segundo o Professor Carlos Ventura Dalkaine da Universidade Federal de São Carlos-SP, este fato foi confirmado baseado em estudos realizados pela SHELL, que o alto índice de corrosão é devido a 4 fatores: velocidade e direção dos ventos, taxa de insolação e o índice pluviométrico, onde todos esses são registrados acima da média, porém o vento frontal que sopra da praia para o continente é o maior responsável pela ação da maresia. Com isso prejudica as estruturas de concreto armado, placas de trânsito, postes, veículos, enfim, tudo que seja feito de ferro ou contenha algo desse material. Como exemplo prático, segundo DIÓGENES (1991), para se ter idéia a vida útil dos postes que sustentam a energia elétrica, deveriam durar 30 anos, porém o mesmo dura apenas 1 ano e meio. LIMA *apud* DIÓGENES (1991) afirmou que a praia do futuro um dia iria ficar igual a Barra da Tijuca-RJ, com prédios, lojas por todo lado, mas atualmente a realidade é totalmente outra, pois o aspecto é como se estivesse tudo velho e abandonado.

Como exemplos práticos, observa-se vários prédios na Praia do Futuro (litoral leste de Fortaleza) em estado de deterioração com menos da metade de sua vida útil esperada, daí a importância da adequação do concreto ao meio em que deseja introduzir-se o concreto (PAMPLONA & LEAL (1991). E na Praia da Cofeco, onde existe uma estação de corrosão, pode-se encontrar a deterioração acelerada que chega a destruir postes de sustentação de cabos elétricos (FORTES, 1995).



Figura 2.13 Estado em que se encontram alguns postes localizados na Praia do Futuro (1999)

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA

Este item contempla a forma como ocorreu a escolha do método empregado para a realização desta pesquisa, com a definição da amostra da pesquisa, o método de coleta das informações, a descrição da pesquisa e as questões norteadoras ao estudo.

3.1 Caracterização do Estudo

O presente trabalho se enquadra na classe de uma pesquisa exploratória e descritiva, de vez que, de acordo com MATTAR (1996) a pesquisa exploratória é útil quando se precisa conhecer de maneira mais profunda o assunto através da elaboração de questões de pesquisa e do desenvolvimento ou criação de hipóteses explicativas para fatos e fenômenos a serem estudados. Segundo GIL (1994, p.45) “as pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis”. O autor ainda acrescenta que, uma das características mais significativas desta pesquisa está na utilização de técnicas padronizadas de coletas de dados.

O método empregado para conhecer o problema da pesquisa foi o estudo multicaso, que tem a possibilidade de investigar o mesmo objeto de estudo em duas ou mais organizações e ainda tem por natureza a necessidade de não se fazer comparações entre os dados pesquisados (TRIVIÑOS, 1992). Portanto, optou-se por este método, pois atende perfeitamente à realização e à finalidade do presente em estudo, possibilitando um conhecimento mais profundo, embora não generalizável, das realidades do processo de escolha do uso do concreto de alto desempenho sem o comparativo destas informações obtidas dos empreendimentos selecionados.

Além disso, essa metodologia de pesquisa, segundo GODOY (1995), e MERRIAN (1998), baseia-se em levantar informações a partir de conhecimentos e pressupostos estudados para viabilizar o estudo científico. Portanto, acredita-se que os resultados obtidos foram pertinentes e consistentes ao assunto, porém não generalistas.

3.2 Definição da Amostra da Pesquisa

Em decorrência do número reduzido de empreendimentos que se apresentavam com características adequadas para o que foi proposto no assunto em foco (utilização do CAD), a pesquisa foi aplicada em 7(sete) obras localizadas na via costeira do Estado do Ceará. Deste total, segundo Associação das Empresas Construtoras do Ceará (ASSECON-CE), apenas 2(dois) empreendimentos optaram pela utilização do CAD. Os outros 5(cinco) empreendimentos não utilizaram o CAD, dos quais foram selecionados dentre os 15(quinze) edifícios mais altos e mais próximos da praia de Fortaleza, de acordo com a Secretaria Executiva Regional (SERII) da Prefeitura Municipal. Esses empreendimentos seriam edifícios que possivelmente mereciam a utilização desse tipo de concreto. Portanto, a amostra foi não probabilística, da qual MATTAR (1996, p. 132) define como sendo “aquela em que a seleção dos elementos da população para compor a amostra depende ao menos em parte do julgamento do pesquisador”. Então, para garantir a fidedignidade desta pesquisa, a amostragem foi não probabilística intencional, pois acredita-se que os empreendimentos selecionadas satisfazem aos interesses da pesquisa, com vistas à obtenção dos resultados.

3.3 Método de Coleta das Informações

A técnica utilizada para coleta das informações deste trabalho foi a entrevista, que se baseia no desenvolvimento com precisão, focalização, fidedignidade e validade por meio de uma conversação (LAKATOS, 1991), e por ser uma das técnicas flexíveis para coleta de dados. A entrevista utilizada foi a semi-estruturada analisada qualitativamente. Semi-estruturada, porque permite aos entrevistados que dissertem sobre o assunto (OLIVEIRA, 1998). Neste contexto, os entrevistados foram profissionais da área (arquitetos, calculistas, engenheiros) envolvidos em todo o processo de escolha de utilização do CAD, que, conseqüentemente, forneceram subsídios que atendem o objetivo do tema em estudo.

A análise das informações obtidas foi qualitativa, uma vez que, segundo BOGDAN & BIKLEN *apud* LÜDKE (1986), a pesquisa qualitativa abrange a obtenção de dados, quando do contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatizando mais o processo do que o produto e também pelo fato de retratar a perspectiva dos participantes. E por fim MINAYO (1993, p. 247) diz que a pesquisa qualitativa “adequar-se a aprofundar a complexidade de

fenômenos, fatos e processos particulares e específicos de grupos mais ou menos delimitados em extensão e capazes de serem abrangidos intensamente.”

Para melhor entendimento, TRIVINOS (1992) confirma e descreve as cinco principais características de uma pesquisa qualitativa:

1. a pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento-chave;
2. a pesquisa qualitativa é descritiva;
3. os pesquisadores qualitativos estão preocupados com o processo e não simplesmente com os resultados e o produto;
4. os pesquisadores qualitativos tendem a analisar seus dados indutivamente;
5. o significado é a preocupação essencial na abordagem qualitativa.

Não se fez comparações entre as informações obtidas, uma vez que isto não é permitido no método de estudo do tipo multicaso. Assim, esta foi a forma mais adequada para tornar possível a coleta de informações que foram analisados, servindo de indicadores para reflexões sobre o tema em questão.

O instrumento para coleta de informações durante a entrevista foi o questionário (em anexo), sendo este formulário elaborado com perguntas cujas respostas clarificam todos os objetivos da pesquisa. O questionário utilizado neste estudo foi com perguntas abertas, fechadas e semi-fechadas, com o intuito de se ter mais flexibilidade para obter as informações com maior grau de detalhe. Desta forma acredita-se que, através da elaboração do questionário, a pesquisadora pôde realizar a descrição mais própria e aproximada da realidade do tema em foco, bem como a análise e exposição dos resultados.

O fato de a ciência não ser necessariamente neutra, não é suficiente à possibilidade de buscar o aperfeiçoamento e a objetividade com um ideal. Então, “estamos cômicos de que a objetividade é um ideal inatingível, mas que mesmo assim, o cientista deve tentar a aproximação” (HAGUETE, 1992). O maior desafio desta pesquisa é fazer a aproximação entre a ciência e a realidade do processo de escolha e utilização do CAD na indústria da construção civil do Ceará, através da coleta e análise das informações imprescindíveis ao conhecimento necessitado.

3.3.1 Descrição da pesquisa

Em princípio, para que a entrevista seja adequadamente desenvolvida, é necessário que o entrevistador seja bem recebido e que, desde o primeiro momento, se crie uma atmosfera de cordialidade e simpatia entre o entrevistador e o entrevistado (GIL, 1994). Por conseguinte, o pesquisador teve uma prévia comunicação por escrito e/ou pessoal, informando os objetivos da pesquisa a ser desenvolvida, com estabelecimento de algumas variáveis, como dia, local, hora, e a pessoa de contato para fornecer as informações relevantes ao tema central em estudo. Entre o contato inicial e a própria entrevista ocorreram alguns contatos para se ter confirmações destas variáveis.

Segundo GIL (1994), para que se tenha total registro das respostas obtidas, caso seja permitido, deve-se utilizar um gravador, pois a anotação posterior à entrevista apresenta dois inconvenientes: os limites de memória humana que não possibilitam a retenção da totalidade das informações e a distorção decorrente dos elementos subjetivos que se projetam na reprodução da entrevista. Com efeito, tornou-se prudente solicitar aos entrevistados autorização para uso de gravador no decorrer da entrevista, visando à transcrição fiel das respostas. Então, a pesquisadora em acordo com o entrevistado, utilizou um gravador com esta finalidade. Observou-se que em nenhum dos casos a utilização do gravador provocou inibição ou constrangimento por parte do entrevistado.

Assim a pesquisadora sempre procurou ser cordial e estar presente no local, data e hora conforme combinado. No princípio, eram sempre reforçados os objetivos da pesquisa. Porém, vale ressaltar, nem todos os dados levantados estão expostos neste trabalho. Estão expostos apenas os pertinentes aos objetivos propostos.

3.3.2 Questões norteadoras

O questionário foi estruturado da forma mais consistente possível para que pudesse descrever o assunto em estudo, dando subsídios para a formação de um diagnóstico.

As questões levantadas junto aos responsáveis pelos empreendimentos que utilizam o CAD, para obtenção das informações onde se possa garantir a viabilidade do resultado da pesquisa, foram:

- Quais os motivos da escolha do CAD?
- Em que partes da estrutura dá-se a utilização do CAD?

- Quais as dificuldades de implantação do CAD?
- Como é visto esse novo produto no mercado?

E para os responsáveis dos empreendimentos que não utilizam o CAD foram levantadas as seguintes questões:

- Tem-se conhecimento a respeito do CAD?
- Por que não utilizam o CAD no empreendimento?
- Foram realizados estudos comparativos do concreto convencional em relação ao CAD?
- Existem possibilidades de utilização do CAD em empreendimentos futuros?

3.4 Dificuldades no Levantamento de Campo

No decorrer da presente pesquisa, para se ter a garantia da uniformidade das informações levantadas, foram encontradas algumas dificuldades tanto de levantamento de campo, como até na própria metodologia. Dentre estas são citadas:

- a confirmação da fonte de informação para o número da amostra da pesquisa;
- o pequeno número da amostra que utilizava o CAD, no Ceará, inclusive, na realidade, segundo o Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura do Ceará (CREA-CE), até existe um outro empreendimento, porém, sua localização encontra-se no interior do Estado do Ceará. Assim, não estava nas condições de exposição exigida pela pesquisa (meio agressivo);
- a obtenção de bibliografia que contemplasse experiências do uso do CAD em meios agressivos;
- a forma de estruturação da entrevista: estruturada e semi-estruturada;
- a tabulação das informações pela opção do questionário com perguntas fechadas, abertas, semi-abertas e dicotômicas, para coleta de informações.

CAPÍTULO 4 - APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo, descrevem-se os resultados das informações obtidas por meio das entrevistas, conforme objetivos estabelecidos pela pesquisa.

Características dos Entrevistados

Os entrevistados dos empreendimentos que escolheram o CAD não se omitiram em tornar público o nome do empreendimento, pois estes acreditam na possibilidade desta pesquisa ser uma das melhores maneiras de divulgar essa nova tecnologia e fornecer mais fontes de informações para quem se interessar.

Quanto aos empreendimentos que não optaram pelo CAD, a autora prefere omitir os nomes, pois acredita-se que este tipo de informação não acrescenta valor ao trabalho. A denominação destes empreendimentos serão A,B,C,D e E. Essa nomenclatura foi aleatória, simplesmente pela ordem de disponibilidade das entrevistas.

4.1 Empreendimentos Que Optaram Pelo CAD e Suas Características

Empreendimento	Porto do Pecém	Portal do Atlântico
Tipo de obra	Porto tipo <i>Off-shore</i>	Complexo Turístico
Fase	Execução	Projeto
Tempo de exec.	$\cong 3$ anos	$\cong 2,5$ anos
Volume de conc.	$\cong 50.000 \text{ m}^3$	$\cong 15.000 \text{ m}^3$
Fck	50 MPa	50 MPa
Nº de funcion.	$\cong 1.500$	-

Quadro 4.1 Características dos empreendimento que optaram pelo CAD

4.1.1 Porto do Pecém

A construção do porto do Pecém tem como objetivo dotar o Estado do Ceará de um núcleo de irradiação de desenvolvimento, que fortalecerá a sustentabilidade e o aumento do parque industrial, proporcionando a otimização dos efeitos socio-econômicos, políticos e ambientais (PAMPLONA, 1998).

Segundo DINIZ (1999), trata-se do primeiro porto no Brasil em concreto de alto desempenho.

Localização

Este empreendimento está localizado na proximidade da ponta do Pecém a cerca de 56km a Noroeste de Fortaleza-CE, e seu arranjo geral segundo, PAMPLONA *et al*, (1998), consta de:

⇒ ponte de acesso aos piers

- comprimento: 2.120m
- vãos: 20m até o eixo 71
10m do eixo 71 ao 108
- largura do tabuleiro: 20,40 m
- pista de rolamento: 2 x 3,6 m
- passeio: 1 x 1,5 m
- apoios galerias correias: 5,90 m
- apoios dutovia: 5,0 m

⇒ pier 1

- insumos / produtos siderúrgicos
- plataforma: 45 x 350 m

⇒ pier 2

- graneis líquidos, derivados de petróleo
- plataforma de operação: 32m x 45m

⇒ quebra mar de proteção

- comprimento de proteção: 1.700m
- volume aproximado: 2,2 milhões de m³ de rocha

⇒ calado

- de 15,0m a 16,0m

⇒ área de retroporto

- fase inicial: 60ha (em projeto)
- expansão: 180 há

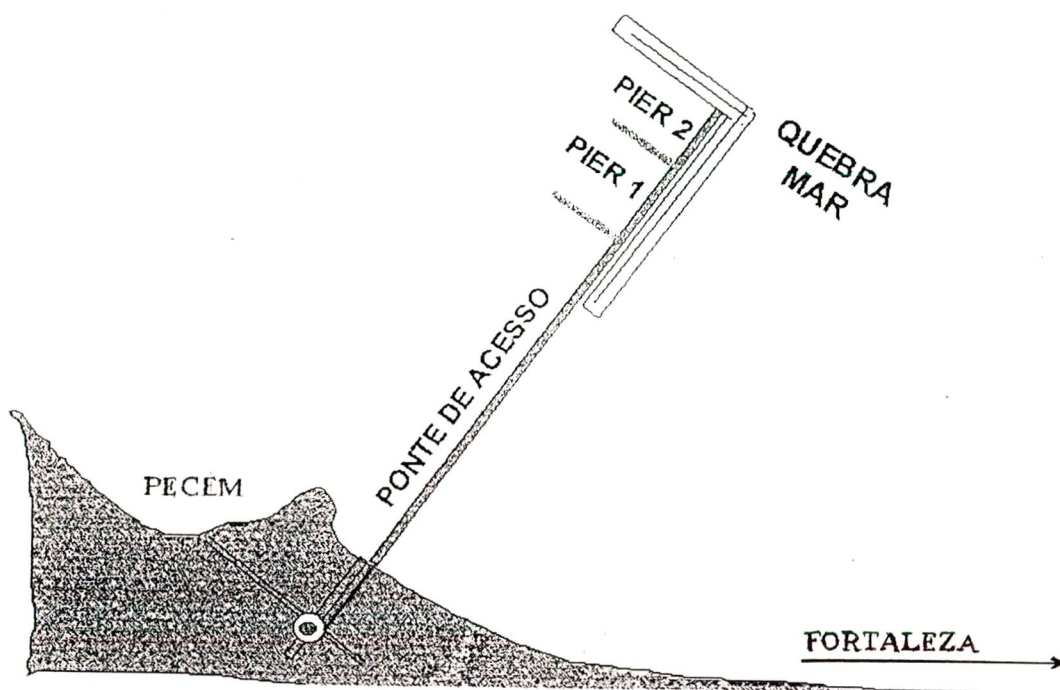


Figura 4.1 Porto do Pecém, (PAMPLONA, 1997).

Características do Ambiente

O porto do Pecém está inserido em atmosfera marinha de alta agressividade. Tem suas peculiaridades, como sejam, temperatura média em torno de 28,9°C e umidade relativa do ar sempre acima de 78%, fatores que contribuem para a aceleração de quaisquer reações químicas, agravados ainda pelo elevado teor de cloretos em suspensão (névoa salina) da ordem de 2.200mg/m² dia e forte ação de ventos facilitando a movimentação dos agentes agressivos (PAMPLONA, 1997).

4.1.2 Portal do Atlântico

Localização

O projeto do Portal do Atlântico, cujo autor foi escolhido através de concurso público, idealizado pela Fundação Fortaleza Atlântica e Secretaria do Turismo do Estado do Ceará, é mostrado em maquete na Figura 4.10. Será o símbolo representativo da Capital cearense, e

ficará situado na Praia Mansa, próximo ao cais do porto do Mucuripe (ÍCONE, 1999). É formado por:

- ⇒ um terminal de passageiros para grandes transatlânticos
- ⇒ uma marina construída por lojas, restaurantes, bares, etc.
- ⇒ um hotel com centro de convenções
- ⇒ um parque temático
- ⇒ um aquário
- ⇒ uma torre em tubo elíptico inclinado para o mar, que no seu interior possui elevadores panorâmicas e no seu topo um restaurante, como também museu das jangadas e das descobertas.



Figura 4.2 Demonstração da maquete do Portal do Atlântico. (O PONTO, 1999).



Figura 4.3 – Detalhamento do Portal do Atlântico. (ÍCONE,1999)

Características do ambiente

Esta obra também se encontra em local com agressividade marítima elevada e com ventos intensos. Em resumo, suas características ambientais são semelhantes à do porto do Pecém.

Informações Obtidas Através de Entrevistas com Responsáveis dos Empreendimentos

a) Porto do Pecém

O engenheiro informa que, desde a elaboração do projeto do Porto do Pecém, a durabilidade foi o principal motivo para a adoção do CAD, uma vez que este material apresenta características que irão combater a ação das intempéries, conseqüentemente, proporcionando maior vida útil para a estrutura. Informa, ainda, que as condições ambientais agressivas em razão de sua localização, favoreciam bastante a deterioração precoce, pois existe um alto teor de salinidade, ventos intensos e temperatura também bastante elevada.

O engenheiro declara também que a adoção do CAD deve ser sempre necessária nas obras localizadas em ambientes agressivos, concreto protendido, obra hidráulica e marítima e estruturas especiais como é o caso do Porto.

Antes da escolha do CAD, não foram realizados estudos comparativos entre o concreto convencional e este tipo de concreto. O porto do Mucuripe em Fortaleza-CE, é o maior exemplo para a não realização desses estudos comparativos, onde detecta-se atualmente vários problemas na parte estrutural, tendo este sido executado com o concreto convencional. Então, não seria mais possível se fazer outra obra, com material convencional, para obter os mesmos problemas futuros.

As vantagens de utilização do CAD neste empreendimento são as melhores possíveis, pois nessas condições ambientais, este material pode garantir maior durabilidade e maior vida útil projetada de, pelo menos, 50 anos. Como o investimento financeiro era bastante elevado, o governo do Estado não estava preocupado em só apenas executar a obra, mas, em ter um empreendimento que não necessitasse de manutenções a curto prazo.

Além disso, o entrevistado diz que, antes da escolha pelo CAD, foram realizados estudos - piloto de monitoramento ambiental pelo Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH), da área influenciada direta e indiretamente, tanto do clima como das condições

meteorológicas, com a finalidade de detectar e analisar os dados obtidos da umidade relativa do ar, taxa de insolação, velocidade média dos ventos, salinidade, temperatura etc. Também, foram realizados estudos preliminares dos materiais para o cálculo das dosagens do concreto. Essas dosagens comprovaram a boa qualidade do concreto a ser utilizado na construção desta obra, através de ensaios de penetração de água, penetração de cloreto, resistência à compressão, resistência à tração na compressão diametral e módulo de elasticidade.

O engenheiro declara que na parte do projeto de cálculo não existiram dificuldades. No projeto arquitetônico, a única exigência era de que o porto deveria ter uma inércia mínima. Já na fase de execução, até o momento desta pesquisa, ocorreram apenas dois problemas:

- 1) foi detectado que o fornecimento do cimento poderia sofrer o risco de ter variações quanto ao tipo, o que resultaria em sempre se ter a realização de estudos de compatibilidade deste, com o restante dos materiais. Isso poderia ser um fator que possivelmente acarretaria mudanças nas dosagens do concreto, e, naturalmente passariam a existir vários tipos de traços do concreto e conseqüentemente seria mais difícil de ser controlado. Porém, depois de contatos com a fábrica, esta pôde garantir o fornecimento constante do mesmo tipo de cimento.
- 2) outro problema ocorreu durante a cura do concreto, pois, com CAD, esta etapa necessita ser realmente muito bem executada e sua operação tem que ser muito rigorosa, principalmente em peças que tinham elevada diferença de gradiente de temperatura.

Quanto às dificuldades econômicas, a opção pelo CAD foi a melhor escolha para que se tivesse uma obra com uma durabilidade a longo prazo com o mínimo de manutenção, pois manutenções precoces acarretam gastos extras. Então, o projeto com o CAD atende perfeitamente o prazo para manutenção.

A aplicação do CAD foi efetuada em todas as partes da estruturas, tanto *off-shore* como na *on-shore*.

A opção pelo CAD tem atendido bastante às expectativas do empreendimento, tanto na fase de projeto, quanto durante o processo produtivo, pois os materiais constituintes do concreto na região atendem as exigências mínimas das normas (NR 7211; NBR 12654; NBR 12655);

O respondente diz que, no Estado do Ceará, ainda é pouco difundido este assunto, o que torna incipiente o domínio dos profissionais com essa nova tecnologia, por este assunto ser novo. Então, o governo do Estado preocupou-se em divulgar esta nova tecnologia com a formação de um convênio com a Universidade Federal do Ceará – UFC, através da Associação

Técnica Científica Engenheiro Paulo de Frontin - ASTEF, para acompanhar a execução da obra e explorar mais o assunto com a finalidade de transferir esta tecnologia.

Não se tem a certeza da capacidade de fornecimento deste produto pelas empresas concretistas do Estado, pois o CAD foi produzido na própria usina do canteiro de obra. Então, necessita-se de experiências quanto ao fornecimento deste material pelas concretistas.

A agressividade marítima da via costeira do Estado do Ceará foi fator muito relevante na adoção do CAD, para esta obra, segundo o engenheiro. Apesar disso, o CAD ainda é pouco utilizado nesta região por não existir outras características como edifícios altos e poucas obras especiais.

Com a utilização do CAD, ocorre uma grande interação dos profissionais da área, tais como o calculista, o arquiteto, o engenheiro da obra e os demais profissionais relacionados ao projeto. Com isso, todo o processo tem que ser coordenado para que todas as etapas sejam totalmente vencidas sem acarretar problemas, retrabalho e até mesmo atrasos no prazo da entrega da obra. Este fator é de grande valia para se obter o concreto da melhor qualidade.

Durante a execução deste empreendimento, segundo o entrevistado, procurou-se sempre divulgar a utilização do CAD, tanto através do convênio já mencionado, como também pela programação de visitas de profissionais, estudantes, instituições etc. Segundo o entrevistado, *Todos valorizam muito o empreendimento, apesar de muitos desconhecerem este novo tipo de concreto, porém o porte da obra é tão grande e o concreto está com acabamento (aparência) tão perfeito que a curiosidade obriga o questionamento quanto ao CAD.*

b) Portal do Atlântico

Pôde-se observar neste empreendimento que vários foram os motivos que levaram a adoção do CAD:

- **durabilidade**, por tratar-se de uma obra em local de grande agressividade, próximo do mar;
- **tempo de execução**, pois o prazo de execução é considerado bastante curto;
- **modernização**, em virtude de os requisitos do projeto serem muito arrojados

O projetista confirma que a aplicação do CAD deve ser em obras que tenham características de ambiente agressivo, edifícios altos e um ganho de área útil, como é o caso específico dessa obra.

Para a tomada de decisão de escolha do tipo de concreto, não foram realizados estudos comparativos entre o concreto convencional e o CAD, uma vez que, com as

exigências do projeto de arquitetura, houve indicação de que o CAD seria melhor opção para atender perfeitamente a todos os requisitos do projeto. Esta escolha se justifica também pela maior vida útil que este material irá proporcionar ao empreendimento.

Em se tratando desta obra, as vantagens que o CAD poderá oferecer são: a durabilidade, conseqüente maior vida útil, menor prazo de execução, e por fim um ganho de área útil, pois a parede da torre, por ser inclinada, necessitava de seções esbeltas, que o CAD com sua elevada resistência à compressão tornaria possível. Quanto ao ganho de área útil, dentro da torre principal necessita-se de “espaços técnicos”, ou seja, espaços bem aproveitados, segundo o projetista.

Foi detectado a não existência de estudo-piloto antes da escolha do CAD, pois as condições de projeto arquitetônico, principalmente da torre inclinada e com aproximadamente 174m de altura, exigem a utilização do CAD.

De acordo com o entrevistado, em se tratando das dificuldades encontradas tecnicamente no projeto de cálculo, até o presente momento, foi detectada apenas uma grande escassez de bibliografias. Apesar do custo do CAD ser mais elevado do que o concreto convencional, torna-se mais viável, em se tratando de obras deste porte, pois sua manutenção é bem menor e o resultado final, conseqüentemente, é sem dúvida melhor.

Esta primeira etapa do projeto foi efetuada através de um concurso público do anteprojeto de arquitetura e urbanismo, no qual foi detectado o maior desempenho para que todas as fases do projeto fossem realmente possíveis de executar.

Segundo o calculista, a aplicação do CAD ocorrerá em todas as partes da estrutura do empreendimento, desde as fundações, pilares vigas e laje.

Apesar de o empreendimento ainda se encontrar em fase de projeto, o CAD tem atendido as expectativas, pois não há dúvida de que, sem esta opção, o projeto não será possível de ser executado, dadas as condições já mencionadas.

Em termos de capacitação profissional e tecnológica, o Estado do Ceará encontra-se bem estruturado, pois o maior argumento é a obra do Porto do Pecém, que já se encontra 80% concluída, além de outras já encerradas em outras regiões do Brasil. Assim, se já existe experiências com o CAD, descarta-se a impossibilidade de sua execução.

Como o empreendimento ainda está em fase de projeto, não se pode avaliar o desempenho das concreteiras no fornecimento deste material.

Apesar do grande número de obras em execução no Estado do Ceará, o uso do CAD ainda é pouco utilizado em virtude do porte das obras existentes que, de acordo com o

engenheiro, ainda são consideradas de médio porte, porém, pela localização do Estado do Ceará (ambiente agressivo) o CAD deveria ser mais utilizado.

O calculista diz que foi identificada maior interação dos profissionais envolvidos no projeto desde a fase inicial. Ele acredita que também na fase de execução isto ocorrerá, pois o CAD exige um controle maior em todo o seu processo de fabricação.

A agressividade marítima da via costeira de Fortaleza foi fator relevante na adoção do CAD.

A utilização do CAD está atendendo às expectativas da fase de projeto do empreendimento, cujos gestores sempre que possível divulgam essa nova tecnologia.

Em relação ao usuário, pôde-se detectar que este não valorizará o CAD, pois o desconhece, porém os especialistas da área da construção civil o reconhecem como a melhor solução para as obras localizadas na via costeira do Estado do Ceará.

4.2 Empreendimentos Que Não Optaram Pelo CAD e Suas Características

Empreendimento	A	B	C
Tipo de obra	Residencial	Hotel	Residencial com serviços
Fase	Concluída	Execução	Concluída
Tempo de execução	40 meses	24 meses	36 meses
Volume de concreto	$\cong 4.800 \text{ m}^3$	$\cong 3.400 \text{ m}^3$	6.300 m^3
Fck	25 MPa	25 MPa	30 MPa
Nº de funcionários	média de 100	média de 100	média de 250
Nº de Pavimentos	27	24	29
Localização	beira mar	beira mar	beira mar

Empreendimento	D	E
Tipo de obra	Residencial com serviços	Residencial
Fase	Concluída	Concluída
Tempo de execução	30 meses	50 meses
Volume de concreto	$\cong 4.100\text{ m}^3$	$\cong 3.500\text{ m}^3$
Fck	30 MPa	25 MPa
Nº de funcionários	média de 150	média de 90
Nº de Pavimentos	21	27
Localização	beira mar	beira mar

Quadro 4.2 Características dos empreendimentos que não optaram pelo CAD .

Informações Obtidas Através de Entrevistas com Engenheiros Responsáveis dos Empreendimentos

4.2.1 Empreendimento A

O engenheiro informa que conhece o CAD, conceitua-o como um concreto com fck maior que 50MPa. Relata que suas vantagens são reconhecidas, como a obtenção de ganho de área útil, estruturas mais leves e mais duráveis.

O entrevistado afirma que sempre que possível, procura obter informações sobre o CAD, pois pretende utilizá-lo no próximo ano em um projeto residencial, já aprovado, a ser executado no Estado de Pernambuco. Este projeto consta de 36 pavimentos e está previsto para ser construído também na orla marítima.

Não teve ainda oportunidade de usar o CAD, porque, segundo o engenheiro, as empresas concreteiras do Ceará ainda não estão capacitadas para o fornecimento do concreto, e ainda informa sobre o conhecimento relativo do custo bastante elevado da microssílica e do superplastificante. Outro fator que contribui para a não utilização do CAD é a pouca ousadia por parte dos profissionais calculistas, que temem esta nova tecnologia por falta de normas para auxiliar o cálculo nos projetos.

O engenheiro finaliza, informando que nunca realizou estudos comparativos dos dois tipos de concreto.

4.2.2 Empreendimento B

O engenheiro já ouviu falar do CAD, porém desconhece o conceito, as vantagens e também a aplicação desse tipo de concreto. Entretanto, tem bastante interesse em obter mais informações a respeito dessa nova tecnologia, o que reforça os argumentos em favor desta pesquisa.

O mesmo ainda informa que não utiliza o CAD, devido a falta de acesso a esta nova tecnologia e principalmente pela falta de apoio dos próprios projetistas e dos arquitetos, ou melhor, estes profissionais temem à esta nova tecnologia.

O entrevistado também declara que nunca fez estudos comparativos entre o concreto convencional e o CAD, mas tem expectativas de utilizá-lo em empreendimentos futuros, se possível, no segundo semestre do ano 2000, pelo fato de já existir projeto. Informa ainda, que espera utilizá-lo em edifícios altos (em torno de 28 pavimentos), do tipo residencial, com aproximadamente 300m² área por pavimento, por notar que o CAD tem sido aplicado em obras deste porte.

4.2.3 Empreendimento C

O engenheiro confirma que já obteve informações sobre o CAD e declara o conceito de CAD como concretos mais resistentes mecanicamente, e aplicáveis em locais com agentes agressivos. Diz que, pelo que sabe, suas vantagens são espetaculares, pois, com a sua utilização nas estruturas, consegue-se reduzir a seção dos pilares e conseqüentemente obtendo um ganho de área tanto nas garagens como no ambiente interno do empreendimento. Outra vantagem apontada pelo entrevistado é a sua compacidade, ou seja, é um concreto mais compacto, o que resulta numa maior proteção das armaduras, tornando o concreto mais resistente a agentes agressivos e oferecendo maior vida útil às estruturas localizadas em ambiente agressivo, como é o caso do litoral do Ceará.

O respondente declara, ainda, que esse tipo de concreto requer um controle maior durante seu processo de fabricação, para se ter um concreto com o desempenho desejado.

O engenheiro informa que se mostra interessado em conhecer melhor o CAD, pois pretende utilizá-lo nas suas próximas obras, já que acredita que estes empreendimentos se tornarão mais competitivo com essa nova tecnologia. Porém, afirma que a sua não utilização justifica-se pelo tipo de obras que ainda são consideradas com poucos pavimentos, bem como o não encorajamento dos calculistas projetistas das estruturas em iniciar essa tecnologia, pois estes informam que a construção civil ainda é um setor com bastante deficiências e este tipo de concreto tem maiores riscos, em virtude das resistências elevadas.

Com relação a estudos comparativos entre o concreto convencional e o CAD, o engenheiro informa que já foram realizados algumas vezes por calculistas, em outros projetos de cálculo, mas chegou-se à conclusão de que ainda não era viável em decorrência do tipo de obra, edifícios ainda considerados baixos. Complementa que, pelo tipo das obras, o CAD ainda não pôde oferecer suas vantagens competitivas.

A previsão sobre o uso do CAD nas futuras obras dependerá de quando for constatado ser este produto a melhor solução para a concretização de um empreendimento de grande porte.

4.2.4 Empreendimento D

O engenheiro responsável pelo empreendimento declara que conhece o CAD, tem conhecimento das características principais e do uso do mesmo em algumas obras a nível nacional, com relação a engenharia pesada, desconhecendo sua utilização em pequenas obras de edificações.

Com referência as suas vantagens, o mesmo afirma que conhece, apenas em literatura, o fato do CAD apresentar maior durabilidade, menor porosidade e melhor resistência a compressão.

Quanto a sua aplicação, o respondente declara desconhecer a relação custo benefícios em obras de pequeno porte, sendo adequado para obras com grande volume de concreto. O mesmo mostra-se interessado em obter mais informações sobre sua utilização.

Por não possuir obras com grandes volumes de concreto, o engenheiro não teve razões para o uso desta tecnologia, conseqüentemente não realizou nenhum estudo comparativo entre o CAD e o concreto convencional.

Em função dos fatos acima relacionados, o mesmo não tem expectativas de utilizar este tipo de concreto em empreendimentos futuros.

4.2.5 Empreendimento E

O engenheiro responsável informa que conhece o CAD, e, que este tipo de concreto possui características diferenciadas proporcionando ao usuário ganhos de custos e qualidade. Informa ainda que; o CAD tem a vantagem de ser um concreto com resistência mais elevada, maior impermeabilidade e de boa durabilidade.

O respondente afirma que tem muito interesse em obter mais informações a respeito do CAD, e não ainda o utilizou em seus empreendimentos, em virtude de não ter oportunidade de desenvolver projetos com o mesmo.

O engenheiro declara que ainda não teve a oportunidade de realizar estudos comparativos entre o CAD e o concreto tradicional.

Com relação a utilização do CAD em empreendimentos futuros, o mesmo informa que existe a possibilidade disto ocorrer em obras residenciais, mas sem data ainda definida.

CAPÍTULO 5 - ANÁLISE DAS INFORMAÇÕES

Analisando as informações das falas dos entrevistados que não optaram pelo CAD, verificou-se que apresentaram conteúdos vagos, imprecisos e não reveladores de conhecimentos sobre o mesmo. O que leva a pressupor que a fragilidade das respostas se prende ao fato da inexistência de conhecimento específico sobre o assunto.

Conforme o conteúdo coletado das entrevistas com os empreendimentos que optaram pelo o CAD comprova as afirmações teóricas deste trabalho:

- a aplicação do CAD acontece em obras com estruturas especiais, que requer em grande durabilidade para garantir sim maior vida útil (GOMES & CAVALCANTE, 1998)
- constata-se normalmente a aplicação do CAD em edifícios altos e concreto protendido (SILVA FILHO, 1996);
- a aplicação do CAD dá-se em obras hidráulicas, grandes estruturas e obras marítimas (AMARAL FILHO, 1998);
- o emprego do CAD ocorre quando o concreto pode ser moldado, aplicado, dando bom acabamento e sua cura feita com eficiência (PEREIRA, 1998);
- não se recomenda o uso de tipos diferentes de cimento, para que não se tenha variabilidade em termos de resistência à compressão (ACI 363, 1991);
- deve-se procurar manter sempre o mesmo fornecedor de sílica ativa, cimento e aditivos, para que não seja necessária avaliação rotineira de suas propriedades, bem como o comportamento desta com o superplastificante (JEFFERSON *et al*, 1997);
- aconselha-se que a produção do concreto seja feita em usinas onde ocorre um maior controle na produção (SPONHOLZ, 1998);
- o processo de cura do concreto deve ser bem executado (DINIZ 1997; CAMPOS & VEIGA, 1997; NEVILLE, 1997);
- a confirmação da resistência, compacidade, impermeabilidade durabilidade como propriedades do CAD (DINIZ, 1997);
- o ganho de área útil, uma maior vida útil, melhor aspecto para o concreto aparente, menos manutenção e ganho de tempo durante a execução da obra, isso tudo como algumas vantagens do uso do CAD (DINIZ, 1997);
- a região do Nordeste do Brasil é uma das áreas muito prejudiciais à durabilidade do concreto armado (ANDRADE & DAL MOLIN, 1998).

- a cultura do País, e principalmente o receio que alguns calculistas e projetistas de estrutura têm em especificar um concreto com f_{ck} maior que 18 e 20MPa usuais, pode atrasar injustamente o uso generalizado de um novo e conveniente opção tecnológica (O CONCRETO,1999).

CAPÍTULO 6 – CONCLUSÃO

De acordo com os objetivos que nortearam este trabalho verificou-se que todos foram atingidos mediante a obtenção das respostas do questionário aplicado aos entrevistados. O sucesso da pesquisa deu-se pela adequabilidade do questionário e pelo alcance dos objetivos preestabelecidos.

Pode-se concluir neste trabalho que:

os motivos de escolha do CAD no porto do Pecém, em virtude de sua localização (meio agressivo), foi a durabilidade do concreto, onde, certamente o CAD pode oferecer uma maior vida útil e conseqüentemente uma redução nos custos de manutenção. No caso do Portal do Atlântico, a sua concepção arquitetônica somente seria atendida com a utilização deste tipo de concreto. Além disso, a sua localização exige um concreto com maior durabilidade;

- em se tratando dos estudos comparativos entre o CAD e o concreto convencional, pôde-se detectar a não efetivação para os empreendimento que optaram pelo o CAD. E para os empreendimentos que não optaram por este tipo de concreto, apenas um o fez (Empreendimento C), porém pelo tipo do empreendimento o CAD não era a solução mais adequada;

para o porto do Pecém uma das dificuldades apresentada foi quanto ao fornecimento de matéria prima, no caso o cimento, pois não se aconselha usar vários tipo de cimento, pois acarretaria variações de dosagens do concreto. Além disso, outro fator, foi durante a cura do concreto, uma vez que, algumas pecas possuíam elevado gradiente de temperatura; E, no caso do Portal do Atlântico, até o presente momento apenas a grande escassez de bibliografia;

de acordo com os dados obtidos, a utilização do CAD ocorre com maior freqüência nas fundações e nos pilares, em razão, respectivamente, das menores cargas a que a estrutura está submetida e do maior ganho de área útil do empreendimento. No caso do porto do Pecém e do Portal do Atlântico a utilização do CAD deu-se em todas as partes da estrutura; verificou-se boa receptividade dos profissionais que ainda não trabalham com essa nova tecnologia no Estado do Ceará, e mesmo com o pouco conhecimento, a maioria se interessa em futuramente utilizá-lo. Os demais mostraram-se também bastante receptivos e com interesse em divulgá-lo;

analisando as informações advindas da pesquisa e da sua análise, à luz do referencial teórico e da nossa experiência vivencial como engenheira do setor, pode-se inferir que:

- na prática confirmou-se a necessidade de se fazer um controle tecnológico mais detalhado durante a produção do CAD, desde a seleção dos materiais, mistura, transporte, lançamento, adensamento e principalmente a cura, devido o elevado consumo de cimento;
- a interação do concreto com o meio ambiente depende de sua permeabilidade e do tipo da agressividade, ou melhor, este material está submetido aos efeitos de agentes agressivos; em virtude das condições ambientais da via costeira do Estado do Ceará, a durabilidade das estruturas deveria ser a característica mais relevante a ser perseguida, proporcionando o maior uso do CAD.
- por ser o CAD um material aplicado somente em 1997 na obra do Porto do Pecém, embora tenha sido realizado o estudo piloto, o pouco tempo de uso requer dos profissionais da área observar, averiguar e comprovar com indicadores concretos de que o produto é eficaz, e se sua relação custo benefício é compensadora. Eis por que se pressupõe que a adoção deste novo material só se torne mais difundido futuramente;

6.1 - RECOMENDAÇÕES PARA O USO DO CAD

Em virtude das condições das obras no setor da construção civil do Brasil, pela dificuldades da se ter mão-de-obra qualificada, falta de planejamento, dentre outros, revela-se importante algumas recomendações tanto de utilização do CAD como também de produção, pois este tipo de concreto é de extremo valor para obras localizadas em ambientes agressivos, oferecendo uma possibilidade maior para um aumento da vida útil das estruturas de concreto. Portanto, recomenda-se uma maior utilização deste concreto para regiões com estas características. Sabe-se que nessas condições a utilização do CAD em termos de custo x benefícios é bastante compensadora.

Além disso, durante o seu processo de produção, alguns cuidados devem ser considerados, tais como: uma cura mais intensa, um controle rigoroso da água (relação A/C), a logística para o fornecimento dos materiais e ensaios de compatibilidade dos mesmos.

6.2 - OUTRAS CONSIDERAÇÕES

Segundo CARDOSO (1995), a proposta de todo trabalho de pesquisa científica, tanto empírica, como fundamental ou aplicada, deve atender aos critérios para que possa ser válida, em se tratando de sua contribuição, relevância, originalidade e viabilidade.

Para um país como o Brasil, carente de recursos financeiros, pouco adianta se considerar uma solução tecnicamente correta, mesmo com custo elevado inicialmente, pois dificilmente o brasileiro se dá ao luxo de calcular o custo final de uma obra considerando-se o custo de manutenção. “Para se ter ganhos de qualidade e produtividade na Construção Civil há a necessidade de tratar as relações de produção como um todo. Assim, ao se analisar a influência de cada etapa do processo de produção, verifica-se inicialmente a importância da participação do projeto como **etapa indutora e condutora** das demais” (SOUZA, BARROS & MELHADO, 1995).

6.2.1 Contribuição

Considera-se como as principais contribuições desta pesquisa:

- identificação de mais bibliografias sobre o tema CAD em regiões com agressividade, pois este assunto é pouco explorado;
- a seleção de um conjunto de informações que proporcionará mais conhecimentos para os profissionais que se interessam pela adoção do CAD;
- a divulgação junto aos construtores da importância do CAD, suas propriedades e vantagens, para que se possa desenvolver e ampliar o uso desta nova tecnologia;
- a proposta de mostrar, a partir de situações atuais e práticas, a importância da escolha do material adequado em locais com características agressivas;
- a certeza de que o CAD está sendo utilizado quando se necessita alcançar as propriedades e vantagens que este oferece, tornando possível a execução de todas as etapas do processo construtivo, com a finalidade de beneficiar a estrutura de concreto armado em locais agressivos;
- a proposta de alertar os profissionais para o fato de que a qualidade das estruturas é de grande importância para garantir maior vida útil.

6.2.2 Relevância

O estudo se torna relevante face:

- a percepção de que não se consegue obter projetos com CAD sem a máxima interação dos profissionais envolvidos no processo, pois para se ter ganho de qualidade e produtividade na construção civil existe a necessidade de manter relação de produção como um todo.
- a percepção de que o CAD só é escolhido quando necessita-se de durabilidade, volume de concreto elevado, ganho de tempo na execução, ganho de área útil;
- a identificação do processo construtivo inovador, que pode ser definido como uma maneira de se produzir um empreendimento com a utilização de tecnologias diferentes dos métodos já empregados na construção civil;

6.2.3 Viabilidade

A pesquisa mostrou-se viável, porque:

- a mestranda recebeu acompanhamento e *feedback* da orientadora e co-orientadora de maneira clara, objetiva e segura.
- o pesquisador teve oportunidade de executá-la e de dedicar-se ao máximo;
- não existiu impedimento por parte dos empreendedores na obtenção dos dados e conseqüentemente, para a realização desta pesquisa;

Para finalizar, fica aqui, em especial, um alerta para o fato de que todas as etapas de um processo para se produzir algo são de grande importância e que, se realizadas com eficácia, poderá ser construído um futuro melhor, visando a uma boa qualidade de vida do homem, em relação ao meio ambiente e ao desenvolvimento científico.

6.3 Sugestões para Trabalhos Futuros

As sugestões para trabalhos futuros desta pesquisa são:

- realizar monitoramento para atualização dos dados já existentes sobre a quantidade de agentes agressivos no litoral do Ceará;

- levantar estudos de dosagens do concreto mais adequados para as obras localizadas na região costeira do estado do Ceará;
- fazer inspeção nas obras já construídas na orla marítima do Ceará com a finalidade de detectar as patologias existentes em virtude da agressividade do meio.
- investigar os motivos resistências dos calculistas ainda não fazer uso cálculo com o CAD em seus projetos.

CAPÍTULO 7 - BIBLIOGRAFIA

7.1 Referências Bibliográficas

AÏTCIN, P.-C. High-performance concrete. Canadá: E & Spon, 1997.

_____. *O mestre do alto desempenho*. Cimento Hoje. Ano II, nº 18, out. 1998.

ALMEIDA, Ivan Ramalho. Estudos e pesquisas sobre concreto de alto desempenho realizados no Brasil. In: INTERNACIONAL CONGRESS ON HIGH-PERFORMANCE CONCRETE, AND PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES. Florianópolis. *Anais...* 1996.

_____. *Programa de economia de cimento e qualificação técnico econômica de aditivos para concreto*. Niterói, Universidade Federal Fluminense, 1984. 128p. (Dissertação de mestrado).

_____. Revista do Ibracon, São Paulo. n.9, p.36-41, ago/set. 1994.

ALMEIDA, José Carlos Barreto. Concreto auto-adensável de alto desempenho "CAAD". In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO, 1997, São Paulo. *Anais...* São Paulo, 1997, p. 669-677.

ALVES, Dafico José. Vantagens do uso do concreto de alto desempenho para projeto e execução de reparos em estruturas. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. São Paulo, 1997. *Anais...* São Paulo, 1997, v2, p391-300,

AMARAL FILHO, Concreto de alto desempenho. *Revista Ibracon*. São Paulo, n.21, abr/jul. 1998. p.42-45.

_____. Epaminondas M. Durabilidade dos concretos. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. São Paulo, 1991. *Anais...* , São Paulo: IBRACON, 26 a 30 de ago. 1991.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Comitê 212. Chemical admixtures for concreto. updated. ACI Committe 212 report covers commonly used admixtures other than pozzolans. Concrete International, p48-53, Out. 1993.

_____. Comitê 363 R. State-of-the-art report on high-strength concrete. ACI 363 R -84 Manual of Concrete Practice, Detroit, part 1. 48p, 1991.

ANDRADE, Jairo; DAL MOLIN, Denise. Durabilidade das estruturas de concreto armado : análise dos elementos estruturais mais degradados no estado de

- Pernambuco. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENTAC, 1998. Florianópolis, v.1, p.235-244, abr. 1998.
- _____. Manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região Nordeste. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. São Paulo, 1996. *Anais...* São Paulo, 1996, p.217-227.
- ARAÚJO, Nelson Porto. Os novos caminhos do construbusiness. **Cimento Hoje**. Associação Brasileira de Cimento Portland, v.3, n.20, p.8, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Agregados para concreto. NBR 7211. Rio de Janeiro, 1983.
- _____. Aditivos para concreto de cimento Portland: NBR11768. EB 1763. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. Concreto - preparo, controle e recebimento. NBR 12655. Rio de Janeiro, 1996.
- _____. Concreto para fins estruturais - classificação por grupos de resistência: NBR 8953. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. Controle tecnológico de materiais componentes do concreto: NBR 12654. Rio de Janeiro, 1992.
- _____. Projeto e execução de obra de concreto armado: NBR 6118. Item 8.1.3. Rio de Janeiro, 1980.
- BACCIN, Antônio Guilherme; PINHEIRO, Libânio M. Propriedades mecânicas do concreto de alto desempenho para aplicação em edifícios. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. São Paulo, 1997. *Anais ...* São Paulo, 1997. v.1, p.687-700.
- BARBOSA, Normando P.; SANTOS, Sebastião B.; SILVA, Claudio M. Aplicação de um concreto de alto desempenho na reparação de pontes da orla marítima de João Pessoa. In : REUNIÃO ANUAL DO IBRACON, 1997, São Paulo . *Anais...* São Paulo, 1997. v.2, p.379-389.
- BAUER, Luiz ^a Falcão. *Materiais de construção I*. 5ed. Rio de Janeiro: LTC, 1994.
- BAUMGART, Otto. *Manual técnico*. São Paulo. 1996
- BOLETIM informativo. Associação Brasileira de Cimento Portland, ABCP, v.3, n.21-abr. 1999.
- _____. Silmix Sílica , v.3, n.9 – abr./jun. 1999.

- BRANDÃO, Ana M. da Silva, PINHEIRO, Libânio M. Critérios de projetos para garantia de durabilidade das estruturas de concreto armado. In: REUNIÃO DO IBRACON, São Paulo, 1997. *Anais...* São Paulo. 1997. p.43.
- CAMPOS, Carlos; VEIGA, Ricardo. Recuperação de lajes pela face superior com uso de CAD. In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON, São Paulo, 1997. *Anais...* São Paulo, IBRACON, p.373-377.
- CARBONARI, Berenice Martins Toralles. Estudio paramétrico de variables y componentes relativos a la danificación y producción de hormigones de altas prestaciones. Barcelona: 1996. 12p. (Tesis Doctoral).
- CARBONARI, Gilberto; AGUADO, Antonio; GETTU, Ravindra; AGULLÓ, Luis. Time- Dependent mechanical behavior of performance concretes : crees and shrinkage. International congress on high performance concrete, and performance and quality of concrete structures. Florianópolis. 1996.
- CARDOSO, José Luis. Concreto de alto desempenho. *Cimento Hoje*. ABCP- Associação Brasileira de Cimento Portland, Ano II, n.18, p.8, out. 1998.
- CARDOSO, Olga R. *Foco da qualidade total de serviços no conceito ampliado*. Florianópolis, 1995. (Tese Doutorado)– Centro tecnológico de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.
- CARNEIRO, Alex Pires. *et al*. Concreto de alto desempenho reforçado por fibras metálicas visando aplicações em pavimentações. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. São Paulo, 1997. *Anais...* São Paulo: IBRACON , 1997. v.2, p.407-420.
- CD-ROOM – Concreto de Alto Desempenho. Versão II – Ano 1999.
- DAFICO, Dário de Araujo. *Contribuição ao estudo da dosagem do concreto de cimento Portland*. Santa Catarina, 1997. (Dissertação Mestrado).
- DAL MOLIN, Denise C. *Contribuição ao estudo das propriedades mecânicas dos concretos de alta resistência com e sem adições de microssilica*. São Paulo, 1995. (Tese de doutorado).
- DE LARRARD, F. proceedings of the international rilem Rilem workshop on technology transfer of new tends in concrete coutech 1994, Barcelona 7-9, nov. 1994.
- DÍAZ, Vitervo O'Reilly. *Método de dosagem de concreto de elevado desempenho*. São Paulo: Pini, 1998.

- DINIZ, José Zamarion; WESPER, Mário Willam; AMARAL FILHO, Epaminondas Melo. Concreto de alto desempenho. São Paulo: IBRACON, ABCP, IBTS, ABESC. Junho, 1997 CD room.
- DIÓGENES, Ana Maria. O inimigo invisível. *Revista Veja*, n. 28, 13 de mar., 1991.
- DUQUE, Sílvio M. *Diretrizes para gerência de produtos de edificações*. Fortaleza, 1996. (Dissertação Mestrado)
- FERRARI, Adriana A. FLOR, Jacqueline M.; CALIXTO, José M. Propriedades mecânicas do Concreto de alto desempenho fabricado com diversos materiais. In: INTERNACIONAL CONGRESS ON HIGH-PERFORMANCE CONCRETE, AND PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES. Florianópolis. 1996.
- FIGUEIRÓ, Isabel C.W.; PANDALFO, Adalberto. Modelo de gerenciamento de qualidade no processo de execução da concretagem, 1997, *Anais...* 1997. p.259-265.
- FIGUEIRÓ, Isabel Cristina W., GEYER, André Luiz B. Concreto de alto desempenho para Obras Convencionais do Rio Grande do Sul. IN REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. São Paulo, 1991. *Anais...* São Paulo. 1991. p717.
- FORTES, Lyttelton Rebelo. *Corrosão na armadura do concreto armado e sua avaliação pela técnica do potencial do eletrodo*. Fortaleza, 1995. (Dissertação Mestrado).
- GEYER, André L.B; GEYER, Rejane M.T.; RECENA, Fernando A.P. Porosidade e permeabilidade do concreto. In: ENCONTRO NACIONAL TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Florianópolis. 7 - 19 de abr. 1993.
- GIL, Antonio Carlos. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 4 ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa : tipos fundamentais. *Revista de administração de empresas*. São Paulo, v.35, n.3 maio/jun, 1995.
- GOMES, Paulo C.C.; CAVALCANTE, José Flávio T. Obtenção de concreto de alto desempenho (C.A.D.) com materiais do Estado de Alagoas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO QUALIDADE NO PROCESSO CONSTRUTIVO, 7. Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: Universidade Federal de Santa Cararina, 1998. v.2: p165-171.

- GUTÉRREZ, P. A; CÁNOVAS, M.F. High - performance concrete: requirements for constituent material and mix proportioning. *ACI Materials Journal*. v.93, n.3, maio/Jun, p.233-241,1996.
- HAGUETTE, T. H. F. *Metodologias qualitativas na sociologia*. 3ed. Petrópolis: Vozes, 1992.
- HELENE, P.R.L; OLIVEIRA, P.S.F. Proteção e manutenção das estruturas de concreto. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE GARANTIA DE QUALIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO,1990, São Paulo. *Anais.....*São Paulo: 23 a 25 maio 1990
- HELENE, Paulo R.L, TERZIAN, Paulo. *Manual de dosagem e controle do concreto*. Brasília: Pini, 1992.
- HOWARD T.; LEATHAM, D. M. The production and delivery of high-strength concrete. *Concrete International*, v.11, n.4, p.26-30, Apr 1989.
- ÍCONE de Fortaleza: Atlântica 2000. *Revista Mercado Imobiliário*, Fortaleza, v.1, n.6, 1999.
- IRVINE, H; MONTGOMERY, F.R. *Optimising the use of the coarse aggregates of the north of Ireland in the production of high strength concrete*. IN: 5 th International symposium on utilization of high strength / High Performace Concrete. v. 2, Sandefjord, Norway. 20 a 24 june 1999.
- ISAIA, Geraldo Cechella, SARKIS, Paulo, VAGHETTI, Marcos. Uma experiência em CAD em Santa Maria-RS. In: REUNIÃO DO IBRACON, 1997.São Paulo. *Anais...* São Paulo. 1997. P.579-594.
- KHALOO, Ali R.; KIM, Nakseok. *Effect of Curing Condition on Strength and Elastic Modulus of Lightweight High-Strength Concrete*. *ACI materials Journal*. v. 96, nº 4, july-august, 1999.
- KULAKOWSKI, Marlova; VIEIRA, Fernando P.; DAL MOLIN, Denise. Estudo de ação do ácido fórmico em concretos com adição de sílica ativa com vistas ao emprego em ambiente industrial. In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON. São Paulo, 1997. *Anais..* São Paulo, IBRACON, 1997. p.455-468.
- KULAKOWSKI, Marlova; DAL MOLIN, Denise C.C. Estudo da penetração de cloretos em argamassa de alto desempenho para reparos estruturais. Encontro Nacional Tecnologia do Ambiente Construído. ENTAC, São Paulo. 17 a 19 de novembro de 1993.

- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Atlas, 1991.
- LIBÓRIO, Jefferson; SILVA, Isac J.B.L.; MELO, Aluisio B; AMARAL, Claudio K. Alguns cuidados a serem observados na execução de pisos industriais e elementos estruturais de edifício em concreto de alto desempenho. In: REUNIÃO COMEMORATIVA DE 25 ANOS DO IBRACON, São Paulo, 1997. *Anais...* São Paulo, 1997. v.2, p.483-497.
- LIMA, Flávio B; GIONGO, José S.; TAKEYA, Toshiaki. Pilares de concreto de alto desempenho submetidos a compressão excêntrica. In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON. São Paulo, 1997. *Anais...* São Paulo: IBRACON, 1997, p.505-519.
- LÜDKE, Menga, LÜDKE, Marli E.D. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.
- LWIN, M. Myint. Washington state HPC showcase bridge. Bridge Views. Issue n.2. March/april, 1999.
- MAIOR edifício do país é construído em São Paulo. Tecnologia do Concreto Armado. 2, n.4, mar, 1999.
- MARK, A Leonard. I-25 over yale avenue- the thin solution. Bridge Views. Issue n.3. May/june, 1999.
- MARTINS, Maria L.C, DAL MOLIN, Denise, FERNANDEZ-GOMEZ, Jaime. Avaliação de estruturas acabadas em concreto de alta resistências através da extração de testemunhos de diferentes diâmetros. In: Reunião Anual do Instituto Brasileiro do Concreto. São Paulo. *Anais...* São Paulo, IBRACON, 1997, v.1, p.229-239.
- MATTAR, Fauze N. Pesquisa de marketing. Edição compacta. São Paulo: Atlas, 1996.
- MELLO, Rodrigo Bandeira .1995. *O Estudo da mudança estratégica organizacional em empresas de construções de edificações: um caso em Florianópolis*, 1997. (Dissertação Mestrado).
- MERRIAN, S. Qualitative reserch and case study application in education. San Francisco. Josseyboss, 1998.
- METHA, P.K.; MONTEIRO, P.J.M.. Concreto: estrutura, propriedades e materiais. São Paulo. Pini, 1994, 573p.

- _____. *High-performance concrete technology for the future*. International Congress on high High-performance concrete, and performance and quality of concrete structures. Florianópolis. 05 a 07 jun. 1996.
- MINAYO, Maria C. S, SANCHES, Odécio. Quantitativo - qualitativo: oposição ou complementaridade? *Cod. Saude Pùb.*, Rio de Janeiro, v.9, n.3, p.239-262, jul/set, 1993.
- MONTENEGRO, Iêda Nadja Silva. *Corrosão atmosférica nos materiais utilizado no setor elétrico de Fortaleza- CE*. Fortaleza, 1996. (Dissertação Mestrado).
- NEVILLE MATTHEW, Adam. *Propriedades do concreto*. São Paulo: Pini, 1997, 828p.
- NEVILLE, A.M. High perfomance concrete- a review. In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON 39, São Paulo, 1997. Anais... São Paulo: IBRACON, 1997. v.1, p.I-IX.
- NIEMEYER, Oscar. Concreto em curvas sensuais. *CIMENTO HOJE*, Ano III, n.20, fev. 1999.
- OLIVEIRA, Alexandre José. *Abordagens motivacionais em empresas certificadas pela ISO 9000: um estudo de caso*. Santa Catarina, 1998. (Dissertação de Mestrado).
- PALADINI, Edson Pacheco. *Gestão da qualidade no processo*. São Paulo: Atlas, 1995.
- PAMPLONA, Afrodízio D. Gondim; BESSA, Antônio Telmo N.; TORRES, José Ramalho. A utilização do concreto de alto desempenho. In: Reunião Anual do Instituto Brasileiro do Concreto. Rio de Janeiro, 1997. Anais... São Paulo. 1997.
- PAMPLONA, Afrodízio D. Gondim; LEAL, Celso R. Lima. Durabilidade do concreto no litoral de Fortaleza. In: XXXIII Reunião Anual do Instituto Brasileiro do Concreto. São Paulo, 1991. Anais... São Paulo, IBRACON, 1991. p.287-294.
- PAMPLONA, Hilda de Castro. Impactos ambientais do complexo industrial do porto do Pecém. *Revista Tecnologia*. n.19, p.68, 1998.
- PAULON, Wladimir Antônio; IBRAIM, Flávio Luiz. . *O efeito de adições na obtenção de concretos de alta resistência*. Goiânia-GO 37º REIBRAC IBRACON Instituto Brasileiro do Concreto. 1995.
- PAZ, M.^a da Silva; PRUDÊNCIO JÚNIOR, L.R. A influência dos agregados graúdos no consumo de aglomerantes e na resistência à compressão dos concretos de alta resistência. VII ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. ENTAC 98, Florianópolis, 27 a 30 de abril de 1998, v.1.

- PEREIRA, Sílvio de Paula. Concreto de alto desempenho. Manual Reax, 1998.
- PETRUCCI, Eládio G. Concreto de cimento Portland. 2ed. Porto Alegre: Globo, 1968
- PHELAN, William S. *Admixtures and HPC: A Happy Marriage*. p. 27, abril 1998.
- PICCOLI, Geraldo Moritz. SILVA, Pedro L.F., TOMASELLI, Carlos Alberto. Pisos de concreto de alto desempenho - tecnologia de crescente aplicação. In: REUNIÃO DO IBRACON, 1997. São Paulo. *Anais...* São Paulo, 1997. p.469-481.
- REGATTIERI, Carlos E.X.; FONSECA, Renato L.M.; HELENE, Paulo; DJANIAN, João G. VII Encontro de Tecnologia do ambiente construído. ENTAC 95, 20 a 22 novembro de 1995. V.II. Rio de Janeiro -RJ, 1995.
- REIS, Palmyra Farinazzo, SOUZA, Ana Lúcia Rocha, MELLADO, Silvio Burrattino. Contribuição dos sistemas de gestão da qualidade para o desenvolvimento tecnológico da construção de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1997. *Anais...* Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1997. p.6.
- SÁNCHEZ, Emil. Aspectos gerais e reológicos do concreto de alta resistência In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON. São Paulo, 1997. *Anais ...* São Paulo, IBRACON, 1997. v.2, p.643-659.
- SANTOS, Silva. *Estudo da viabilidade de utilização de cinzas de arroz residual em argamassas e concretos*. Florianópolis, 1997. (Dissertação Mestrado).
- SARTO, Fernando. Base de alto-forno em concreto-massa de alta resistência. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. São Paulo, 1997. *Anais...* São Paulo: IBRACON, 1997. p.701-716.
- SEBE, Jamil; CALIXTO, José M. Water permeability study of high-performance concrete. In: II INTERNATIONAL CONFERENCE ON HIGH-PERFORMANCE CONCRETE AND PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES. Gramado RS, 1999. *Anais...* Gramado-RS, 1999.
- SILVA FILHO, Antônio Freitas da. Emprego de concreto de alto desempenho na Bahia. Um relatório histórico: início - estágio atual - perspectivas. In: INTERNACIONAL CONGRESS ON HIGH-PERFORMANCE CONCRETE, AND PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES. Florianópolis. jun 1996.
- SILVA, Eugênia Fonseca; RIBAS SILVA, Moema; OLIVEIRA, Marciel Oliveira. Influência da lavagem dos agregados na qualidade de concretos de alto

- desempenho. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. ENTAC, 7. Florianópolis. 27- 30 de abr. 1998.
- SILVA, Lucília B.; DAL MOLIN, Denise; FORMOSO, Carlos Torres. Sistemas especialistas: ferramentas auxiliares na manutenção de estruturas de concreto armado e na prevenção de fissuras. In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON, 1997, São Paulo. *Anais...* São Paulo, IBRACON, 1997, p.13-28.
- SOUZA, Ana L.; BARROS, Mércia M.S.B.; MELHADO, Sílvio B. Qualidade projeto e inovação na construção civil. ENTAC, Rio de Janeiro, 20,21 e 22, nov. 1999, v.1, p.243-248.
- SOUZA,R. de .Qualidade, modernização e desenvolvimento: diretrizes para atualização tecnológica da indústria da construção civil. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE GARANTIA DE QUALIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO, São Paulo. 23 a 25 maio 1990. *Anais...* São Paulo, 1990.
- SPONHOLZ, Ildo . *Avaliação do desempenho de aditivos redutores de água em concreto de alto desempenho*. Florianópolis, 1998.(Dissertação Mestrado)
- SWAMY, R. N.; MEHTA, P.K.; HELENE, Paulo; MALHOTRA, V. M. Em busca do concreto eterno. *Cimento hoje*, ABCP. ano III. n.23, agosto 1999.
- TORRENT, R Gas Permeability of high-performance concrete.- site and laboratory tests. In: II INTERNATIONAL CONFERENCE ON HIGH-PERFORMANCE CONCRETE AND PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUTURES, Gramado RS, 1999. *Anais...* Gramado, 1999.
- TRIVIÑOS, Augusto N.S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: A pesquisa Qualitativa em Educação. São Paulo:Atlas,1992.
- VASCONCELOS, Carlos de V.O Concreto no Brasil: recordes, realizações, história. São Paulo: Copiare,1985. v.1.
- VASCONCELOS, Paulo Henrique C. de O.; RIBAS SILVA, Moema. Cálculo de dosagem de CAD: Uso do Procad 1.0. In: REUNIÃO ANUAL DO IBRACON, São Paulo, 1997. *Anais...* São Paulo, 1997. p.627-642.
- VICENTSEN, Leif J. *The great belt project – experience from testing, construction and monitoring of concrete structures*. 5 th International symposium on utilization of high strength / High Performace Concrete. v. 2, Sandefjord, Norway. 20 a 24 june 1999.

7.2 - BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

- BEZERRA, José Emídio A . **Estruturas de concreto armado: Patologia e recuperação**. Fortaleza :Atlas, 1998.
- BOYD, Harper , WESTFALL, Ralph. **Pesquisa mercadológica**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1964.
- KOTLER, Philip. **Administração de Marketing** – análise, planejamento, implementação e controle. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- MATTAR, Fauzen N. **Pesquisa de Marketing**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995. 2.v.
- MEHTA, P. Kumar. Reflexões sobre os recentes avanços na tecnologia do concreto. **Revista Ibracon**. São Paulo,n.22, p.24-28, ago./nov.1998.
- MELLO, Rodrigo; Cunha, Cristiano. Indústria da construção civil, subsetor edificações: uma aplicação do modelo de Porter. In: CONGRESSO TÉCNICO-CIENTÍFICO DE ENGENHARIA CIVIL, 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 1996, v1,p.113-124.
- NEVES, Célia Maria Martins. Particularidades da construção civil da região metropolitana de Salvador referentes a produção de edificações. In: ENTAC,1995,Rio de Janeiro. **Anais...** v1,p.343-348.
- SOUZA, Roberto...*et al.*...**Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo: Pini, 1995.
- BATTAGIN, Arnaldo F. Consolidação do emprego de cimento com adições no Brasil., **O Empreiteiro**, p43, mar 1996.
- BARROS NETO, José de Paula; ELIAS, Sérgio José B. Estágio da qualidade e produtividade na construção civil. **Revista Engenharia**. No.2, p73-77,1997.
- SILVA, Maria Angélica C. **Metodologia de seleção tecnológica na produção de edificações com emprego do conceito de custos ao longo da vida útil**. Ambiente Construído. p.45-60.Jun 1997.
- PICCHI, Flávio Augusto. Sistemas de qualidade na construção de edifícios. ENTAC- Avanços em Tecnologia e gestão da produção de edifícios. São Paulo,v2.1993. 17 a 19 de nov.

- OLIVEIRA, Ana Paula M.; KULAKOWSKI, Marlova P.; DAL MOLIN, Denise C. Estudo de concretos com adição de sílica ativa (microsílica) frente ao ataque de agentes agressivos para emprego em pisos especiais. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON HIGH-PERFORMANCE CONCRETE, AND PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES, Jun 1996. p.591-598.
- SILVA, Maria Angélica Covelo. Estratégias competitivas na indústria da construção civil. In: ENTAC, 1995, Rio de Janeiro. **Anais...** -1 p.97-102.
- CARDOSO, Francisco Ferreira. Novos Enfoques sobre a gestão da Produção. Como Melhorar o desempenho das empresas de construção civil. In: ENTAC, 1995, São Paulo. **Anais...**, v2.
- MEHTA, P. Kumar. High-performance concrete technology for the future. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON HIGH-PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES. 1996, Florianópolis. p1-14.
- REGATIRERE, C.E.X.; SILVA, Maristela.; HELENE, Paulo; ABREU, J.V. Contribuição ao estudo das propriedades do concreto com vista a sua durabilidade. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON HIGH-PERFORMANCE AND QUALITY OF CONCRETE STRUCTURES. 1996, Florianópolis. P480-491.
- NEVES, Célia Maria m. Alguns aspectos que interferem na implantação de melhorias e inovações tecnológicas da produção do edifício. In: ENTAC, 1995, Rio de Janeiro. v1, p79-83.

ANEXOS

Anexo 1

1 - Identificação do empreendimento:

1.1 Nome do empreendimento(Obra)

1.2 Empresa executora do empreendimento

1.3 Fase em que se encontra o empreendimento

☐ Projeto ☐ Execução ☐ Obra concluída

1.4 Tempo de execução da obra

1.5 N° de funcionários na obra

1.6 Volume de concreto do empreendimento

1.7 Resistência característica do concreto(Fck)

Instrumento I

2 - Questões a serem aplicadas nos empreendimentos que utilizam o CAD:

2.1 Quais os motivos que o levaram a adotar o CAD nesse empreendimento ?

☐ Durabilidade ☐ Tempo de execução ☐ Modernização ☐ Outros.

Quais? _____

2.2 Em que condições o CAD deve ser adotado?

2.3 Foram realizados estudos comparativos entre os dois tipos de concreto?

☐ Sim ☐ Não

Caso positivo, descreva os estudos realizados

2.4 Quais as vantagens da utilização do CAD em relação ao concreto convencional?

☐ Durabilidade ☐ Maior vida útil ☐ Prazo de execução ☐ Ganho de espaço útil ☐

Outros. Quais? _____

2.5 Foram realizados estudos-piloto de aplicação do CAD antes de sua utilização?

☐ Sim ☐ Não

Caso positivo de que forma? _____

2.6 Quais as *dificuldades* técnicas e/ou econômicas relacionadas ao CAD, encontradas nas seguintes etapas?

- Projeto de cálculo
- Projeto arquitetônico
- Fase de execução

2.7 Em que partes da estrutura ocorreu a aplicação do CAD?

☐ Fundações ☐ Pilares ☐ Laje ☐ Outros.

Quais? _____

2.8 A utilização do CAD está atendendo às expectativas do empreendimento?

☐ Sim ☐ Não

Caso negativo, por quê? _____

2.9 Como o Estado do Ceará encontra-se em termos de capacitação profissional em relação a esta nova tecnologia? _____

2.10 As empresas concreteiras estão capacitadas para fornecer o concreto de alto desempenho?

☐ Sim ☐ Não

Caso negativo, por quê? _____

2.11 A agressividade marítima da via costeira do Estado do Ceará foi relevante na adoção do CAD?

☐ Sim ☐ Não

2.12 Por que o CAD é pouco utilizado considerando o volume de obras existentes? _____

2.13 A utilização do CAD exige uma maior interação dos profissionais envolvidos no processo produtivo?

() Sim () Não

Caso positivo, justificar.

2.14 O empreendimento divulga a utilização da tecnologia do CAD?

() Sim () Não

Caso positivo esta utilização é valorizada pelo cliente?

() Sim () Não

Anexo II

Instrumento II

3 - Questões a serem aplicadas nos empreendimentos que não utilizam o CAD

3.1 Já ouviu falar no concreto de alto desempenho?

() Sim () Não

3.2 O que sabe a respeito do concreto de alto desempenho, (conceito, vantagens, aplicação)?

3.3 Tem interesse em conhecer alguma coisa sobre o CAD?

() Sim () Não

Caso negativo, justifique. _____

3.4 Por que não utiliza o concreto de alto desempenho? _____

3.5 Já foram realizados estudos comparativos dos dois tipo de concreto?

() Sim () Não

Caso positivo, quais os resultados? _____

3.6 Tem alguma expectativa de utilizar o concreto de alto desempenho em empreendimentos futuros?

() Sim () Não

Quando?

Em que tipo de obra? _____